A wide-angle photograph of a vast field of grain, likely wheat or barley, stretching towards a range of low mountains in the distance. The sky is filled with large, white, fluffy clouds, and the overall scene is bathed in natural light, suggesting a bright day. The grain in the foreground is in sharp focus, showing individual stalks and heads.

Ochrona ziarna poprzez konserwację
chłodzeniem przy wykorzystaniu **GRANIFRIGOR™**

von Ralph E. Kolb

www.frigortec.com



© FrigorTec GmbH

1 GRANIFRIGOR™ do chłodzenia stalowych silosów zbożowych

Ochrona ziarna poprzez konserwację chłodzeniem przy wykorzystaniu GRANIFRIGOR™

Zboże jest naszym najważniejszym podstawowym pożywieniem. Jest ono z wielką troskliwością uprawiane i zbierane z pól. Według danych Organizacji Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO), rocznie zniszczeniu ulega ponad 20 % światowych zbiorów zbóż. Przeważająca część strat powstaje w wyniku działalności szkodliwych owadów i grzybów. Dzięki zastosowaniu technologii konserwacji przez chłodzenie GRANIFRIGOR™ te straty można znacząco ograniczyć. Na całym świecie, przy wykorzystaniu tej technologii, konserwuje się wiele milionów ton zbóż, nasion oleistych, ryżu, kukurydzy i innych roślin zbożowych (rys. 1).



Dlaczego konserwacja przez chłodzenie

Własne oddychanie i związane z nim zagrzewanie jest przyczyną strat w świeżo zebranych ziarnie. Ten proces zależy od wilgotności i temperatury ziarna. Wraz ze wzrastającą temperaturą i wilgotnością ziarna oddychanie staje się intensywniejsze. Skutkiem samozagrzewania są straty masy oraz rozwój szkodników owadzych i grzybów pleśniowych. Widadomo, że w strefie klimatu umiarkowanego w chłodniejszych porach roku występują znacznie mniejsze straty magazynowe niż podczas miesięcy letnich. Dzięki konserwacji przez chłodzenie zimowe warunki klimatyczne zostają przesunięte na okres po żniwach i wobec tego mogą być wykorzystane bezpośrednio po żniwach. W rejonach tropikalnych występuje szczególnie wysokie ryzyko zniszczenia ziarna wskutek gorącego i wilgotnego klimatu. Dlatego konserwacja przez chłodzenie nabiera tam szczególnie dużego znaczenia.

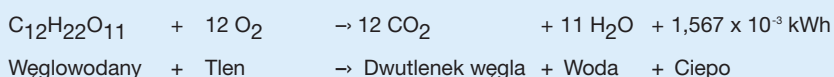
Ziarno zbóż oferuje doskonałe warunki do chłodzenia, dzięki swojej strukturze i charakterze powierzchni oraz niskiej przewodności cieplnej. Raz schłodzone ziarno pozostaje długo chłodne. Ochrona ziarna poprzez konserwację chłodzeniem przy wykorzystaniu technologii GRANIFRIGOR™ ma wiele zalet (Lit. 1). W dalszym tekście zostaną bliżej przedstawione korzyści dla Użytkownika.

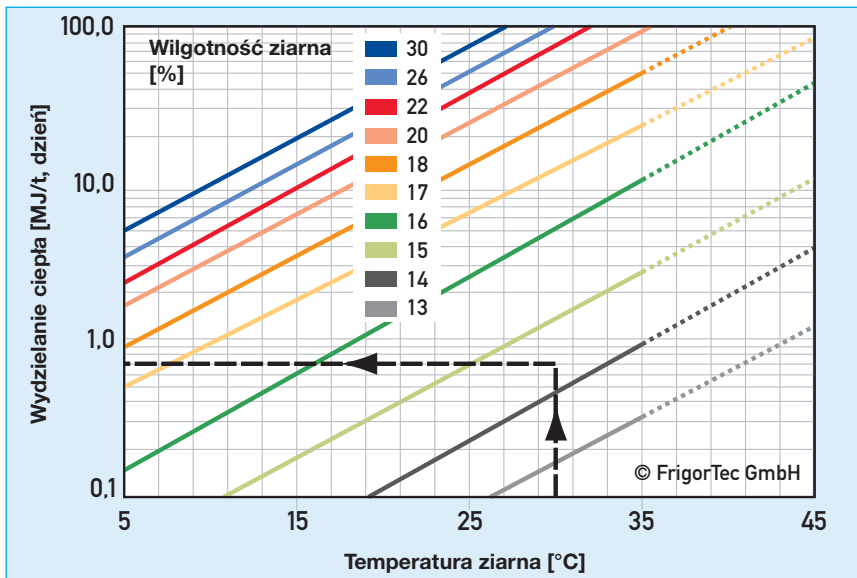
Redukcja strat suchej masy

Proces rozwoju ziarna osiąga w czasie żniw swój punkt szczytowy. Jednak ziarno także po zbiorze żyje, ono oddycha. W czasie oddychania węglowodany, przy udziale tlenu, są przekształcane w dwutlenek węgla, wodę i ciepło. Skutkiem tego są straty suchej masy. Sumaryczny wzór reakcji chemicznej przedstawiono poniżej.

Na rysunku 2 przedstawiono zależność ilości wydzielanego ciepła od temperatury i wilgotności ziarna. W praktyce można stąd określić straty suchej masy w przechowywanym ziarnie.

Sumaryczny wzór procesu chemicznego oddychania ziarna:





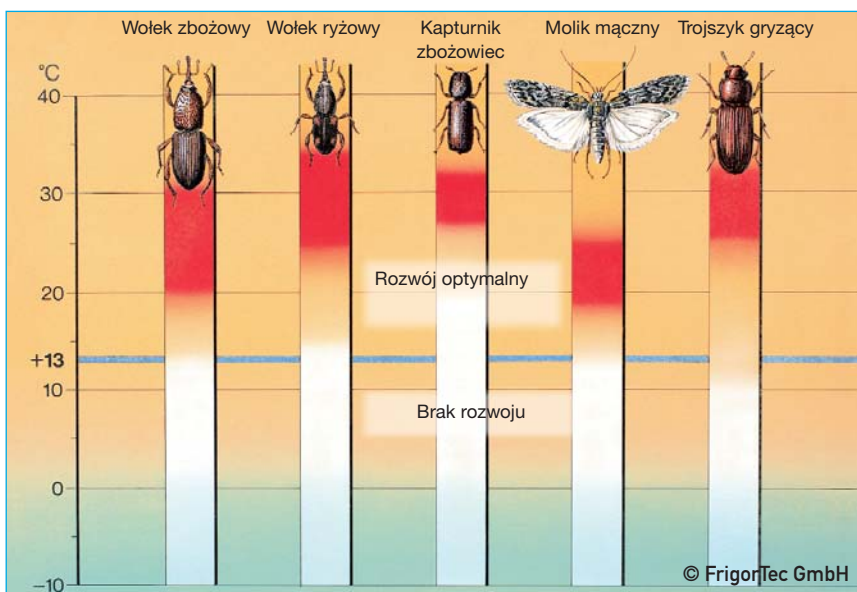
2 Wydzielanie ciepła przy przechowywaniu ziarna według Jouin (Lit. 2) – zmodyfikowane

Przykładowe obliczenie strat w wyniku oddychania – straty suchej masy		
Podane		
Rodzaj ziarna	Pszenica	
Wilgotność ziarna	14,5 %	
Temperatura ziarna	30 °C *	
Cena ziarna	200 EUR/t	
Okres składowania	4 miesiące	
Ilość składowanego materiału	10.000 t	
Formuła		
$\text{Straty suchej masy (t)} = \frac{\text{Wydzielone ciepło [MJ/t, dzień]} \times \text{czas magazynowania [dni]} \times \text{ilość składowanego materiału [t]}}{15.000 \text{ [MJ/t]}}$		
Wynik		
	Straty suchej masy [t]	Straty/Koszty [EUR]
bez chłodzenia przy 30 °C **	64	12.800
bez chłodzenia przy 25 °C	32	6.400
schłodzone przy 10 °C	małe (€ 1)	1.800 zużycie prądu ***

* Po suszeniu albo latem bezpośrednio z pola

** patrz rys. 2

*** Założenia: zużycie prądu 4,5 kWh/t oraz koszt energii elektrycznej 0,04 EUR/kWh



3 Rozwój odpowiednich owadów w zależności od temperatury

Ograniczenie utraty wagi i obniżenia jakości wynikającej z działalności owadów

Dawniej konserwowanie przez chłodzenie było stosowane jako metoda konserwacji wilgotnego ziarna przed suszeniem. Obecnie jednak, chłodzi się więcej ziarna suchego niż wilgotnego – głównie dla ochrony przed zerowaniem i rozmnażaniem szkodników. Na rysunku 3 pokazano kilka najpospolitszych gatunków szkodliwych owadów, jak też ich optymalne warunki bytowania i rozwoju. Jedne szkodniki występują głównie w klimacie umiarkowanym, inne znajdują idealne warunki w obszarach tropikalnych.

Straty wywołane zerowaniem owadów można znacząco ograniczyć poprzez schłodzenie zebranego ziarna do temperatury poniżej 13 °C. Przy odpowiednio niskiej temperaturze owady przechodzą w stan odrętwienia zimowego i nie powodują żadnych szkód w przechowywanym materiale.

Jeśli jednak owady znajdą optymalne warunki odnośnie temperatury i wilgotności, to dochodzi do powstania dużych strat spowodowanych zerowaniem i zanieczyszczeniem ekskrementami. Problem zastrza się znacząco, ponieważ w optymalnych warunkach owady rozmnażają się dramatycznie szybko (rys. 4). Większość rodzajów chrząszczy odznacza się krótkim okresem rozwoju. U wolek zbożowego cykl rozwojowy w idealnych warunkach wynosi 25 dni. Większość rodzajów chrząszczy odznacza się krótkim okresem rozwoju. U wolek zbożowego cykl rozwojowy w idealnych warunkach wynosi 25 dni.

Chłodzenie bez stosowania środków chemicznych

Szczególnie obecnie rozpowszechnione, traktowanie ziarna środkami chemicznymi podlega istotnym przepisom urzędowym. Gazowanie wywołuje wysokie koszty z powodu cen środków chemicznych i wskutek tego jest metodą kosztowną. Należy także zauważyć, że najczęściej stosowany w wielu krajach do gazowania Methylbromid będzie od 2005 roku zakazany.

Ograniczenie pleśnienia i rozwoju grzybów pleśniowych

W zależności od warunków pogodowych i plodozmiaru, pojawienie się grzybów z grupy Fusarium może wystąpić regionalnie z różnym natężeniem (Lit. 4). Obok znacznych strat finansowych powstaje wówczas ryzyko tworzenia mykotoksyn. Mykotoksyny są trujące dla ludzi i zwierząt. Przykładowo trzoda chlewna jest wrażliwa na Deoxyvalenol DON i Zearalenon ZEA. Konsekwencjami jest utrata apetytu, zmniejszenie przyrostów albo zaburzenia rozrodu.

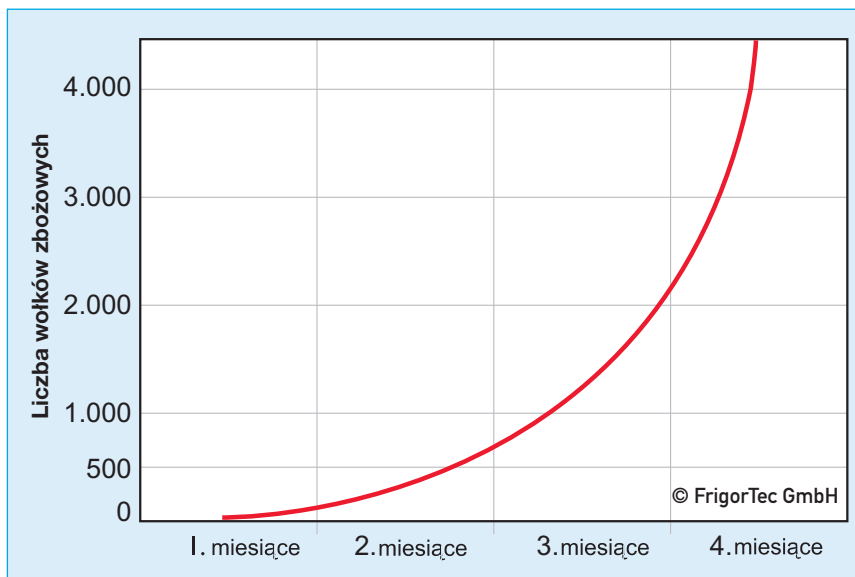
Rozwój grzybów pleśniowych i ich mykotoksyn, np. aflatoksyny jest przyspieszany między innymi przez wzrost temperatury. Poprzez schłodzenie ziarna przy pomocy technologii GRANIFRIGOR™ jest ten proces hamowany (rys. 5).

Zmniejszenie kosztów suszenia

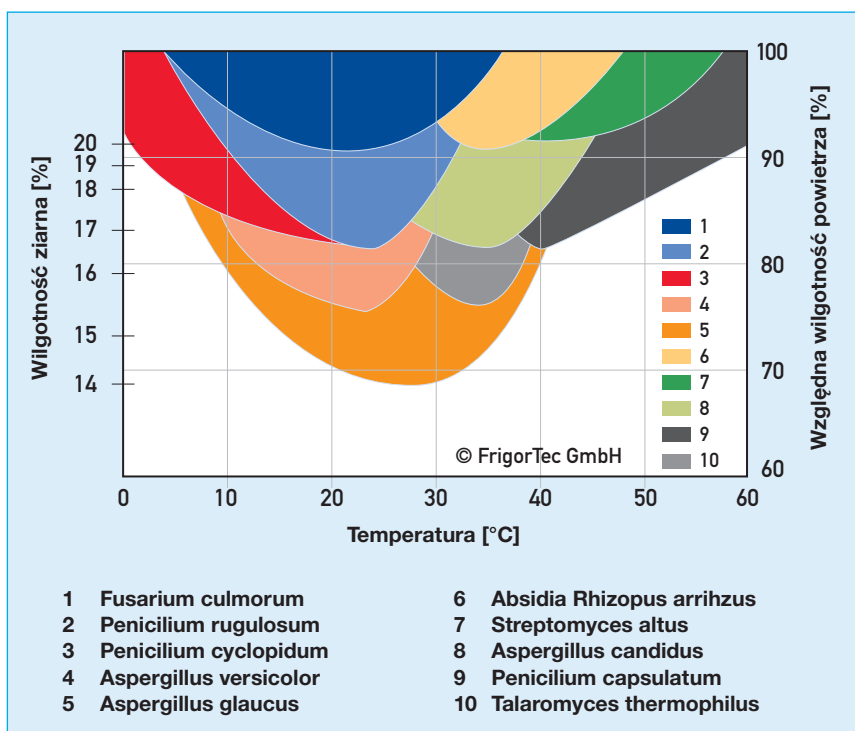
Zbierane wilgotne ziarno pszenicy, w zależności od przeznaczenia, jest suszone do zawartości wody 14–16 %, w Niemczech zwykle do wilgotności 15 %, (Lit. 6). Do tego w specjalnej suszarni podgrzewane jest powietrze z otoczenia. Ciepłe powietrze odbiera wilgoć od ziarna i odprowadza ją na zewnątrz. Właściwa wilgotność kukurydzy, ryżu czy nasion roślin oleistych jest niższa niż dla pszenicy.

Oszczędności związane z konserwacją przez chłodzenie wynikają z następujących trzech faktów:

- Z każdego przebiegu chłodzenia wynika dodatkowy efekt wysychania. Ten efekt redukuje wilgotność ziarna o dalsze 0,5–1,5 % na każde 20 K schłodzenia magazynowanego materiału. Przy wyższej



4 Namnażanie wółka zbożowego przy optymalnych warunkach, w zależności od czasu (Lit. 3)



5 Rozwój różnych drobnoustrojów w zależności od wilgotności i temperatury (Lit. 5)

wilgotności ziarna (>18 % wilgotności) dodatkowy efekt wysychania może być wyższy, przy suchym ziarnie (<14 % wilgotności) efekt wysychania jest nieznacznie mniejszy.

- Czas przebywania ziarna w suszarce może zostać skrócony dzięki stosowanej optymalizacji suszenia i chłodzenia. Dzięki temu uzyskuje się oszczędności energii i wzrost wydajności suszenia.

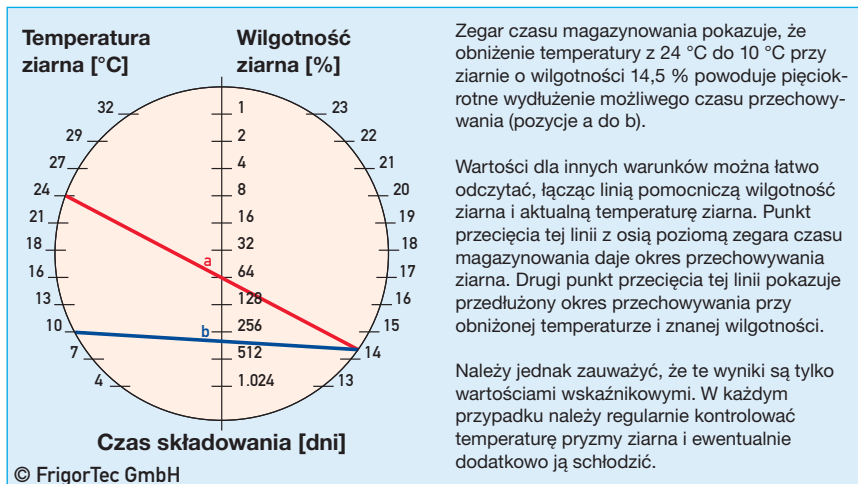
- Ziarno w mniejszym stopniu obciążone przepływem energii, jest dzięki temu suszone delikatniej. Tym samym powstaje mniej szczelin naprężeniowych.

Tab. 1: Okresy przechowywania schłodzonego ziarna w zależności od strefy klimatycznej i wilgotności

Strefa klimatyczna	umiarkowana*	tropiki**
Wilgotność [%]	[miesiące]	[miesiące]
12 – 15	8 – 12	6 – 8
15 – 17	6 – 10	3 – 5
17 – 19	4 – 6	1 – 2
19 – 21	1 – 4	0,5 – 1

* pierwsze chłodzenie do 10 °C, dla Europy

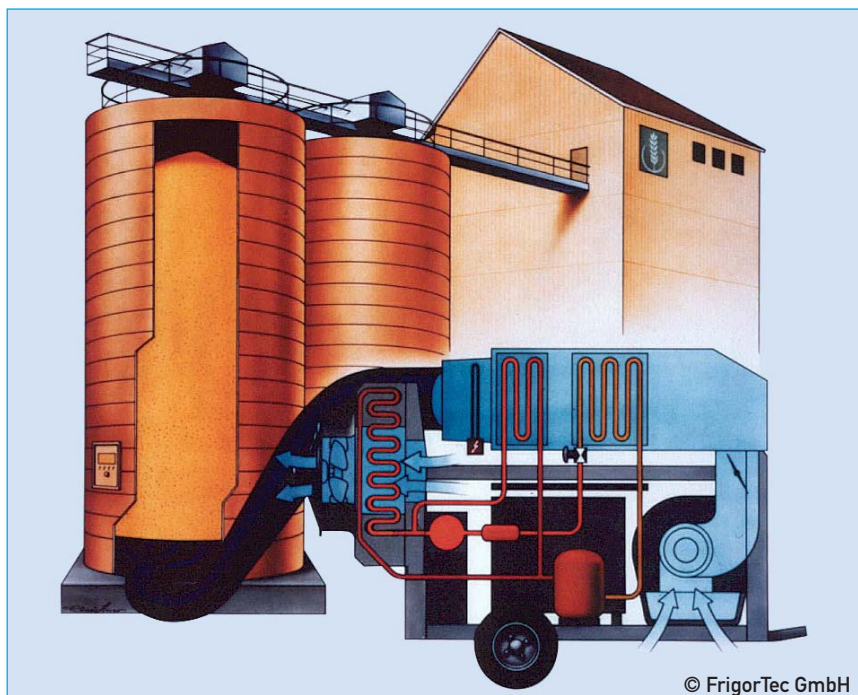
** pierwsze chłodzenie do 15 °C, np. dla Ameryki Łacińskiej lub Azji



6 Zegar czasu magazynowania ziarna

Tab. 2: Nakłady energetyczne przy jednokrotnym schłodzeniu ziarna zbóż i nasion oleistych

Średnia temperatura [°C]	10	15
Region	Europa	Ameryka Łacińska/Azja
Strefa klimatyczna	strefa umiarkowana	tropiki
Zużycie energii elektrycznej w kWh/t	3–6	8–12



7 Zasada działania urządzenia do schładzania ziarna GRANIFRIGOR™

Brak strat z powodu przeładowywania

Podczas zwykłego przechowywania bez chłodzenia często konieczne jest przeładowywanie ziarna. Wskutek mieszania i związanego z tym intensywnego kontaktu z powietrzem eliminowane są ogniska przegrzewania. Do tego potrzebna jest jednak wolna powierzchnia magazynowa (wolna komora silosu), dodatkowo przy każdym przeładowaniu powstają straty w wyniku ocierania w wysokości około 0,3 % całkowitej ilości materiału. Dochodzi do tego jeszcze zużycie energii przez urządzenia transportujące, które może wynosić od około 1 do 3 kWh na tonę ziarna. Ziarno schłodzone przy pomocy GRANIFRIGOR™ nie musi być przeładowywane.

Schłodzone ziarno pozostaje długo chłodne

Spoczywająca pryzma zboża przejmuje energię bardzo powoli. Wynika to z izolacyjnego działania powietrza w przestrzeniach między ziarnami i niewielkiego kontaktu między ziarnami. Wskutek tego ciepłe ziarno, nawet przy niskiej temperaturze zewnętrznej, pozostaje długo ciepłe. Dzięki temu efektywnie, schłodzone ziarno pozostaje zaś długo chłodne. W tabeli 1 przedstawiono czasy magazynowania dla schłodzonego ziarna w zależności od wilgotności. Określanie czasu magazynowania przedstawia rysunek 6.

Nakłady energii przy konserwacji przez chłodzenie

Liczne korzyści konserwacji przez chłodzenie wymagają jednak poniesienia nakładów. Poza kosztami inwestycyjnymi urządzenia chłodzącego potrzebny jest prąd elektryczny jako źródło energii napędowej. Zużycie energii jest zależne od temperatury zewnętrznej, wilgotności powietrza zewnętrznego, wilgotności i temperatury ziarna.

Tabela 2 przedstawia doświadczalne wartości nakładów energetycznych przy jednokrotnym schłodzeniu ziarna zbóż i nasion oleistych.

Sposób działania

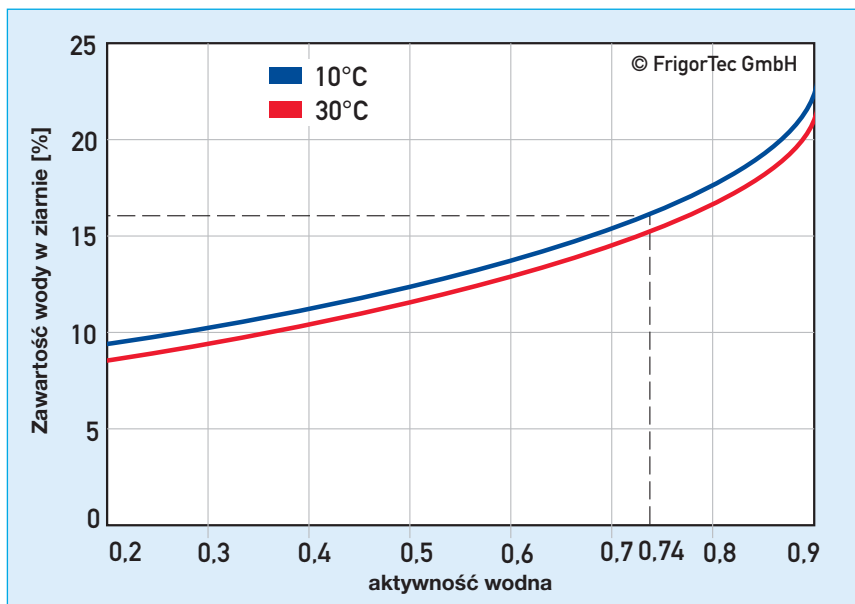
Dmuchała chłodnicy ziarna GRANIFRIGOR™ zasysa powietrze z otoczenia (rys. 7). Powietrze to w chłodnicy, parowniku, zostaje schłodzone do potrzebnej temperatury i osuszone. Woda jest przy tym oddzielana. Dołączony zespół HYGROTHERM™ ogrzewa chłodne i wilgotne powietrze. Poprzez to jest obniżana względna wilgotność powietrza. Ponieważ zespół HYGROTHERM™ pobiera energię do ogrzewania z obiegu chłodzenia, nie występują żadne dodatkowe koszty energii. Suche i zimne powietrze jest dostarczane poprzez rurociąg rozdzielacza powietrza w magazynie i przetłaczane przez warstwę ziarna. Ta technologia może być zastosowana zarówno w magazynie płaskim jak i w silosach wieżowych. Zużyte powietrze ulatnia się na zewnątrz poprzez otwory i odprowadza ciepło i wilgoć z ziarna.

Niebezpieczeństwa przy przewietrzaniu ziarna zewnętrznym powietrzem nie poddanym kondycjonowaniu

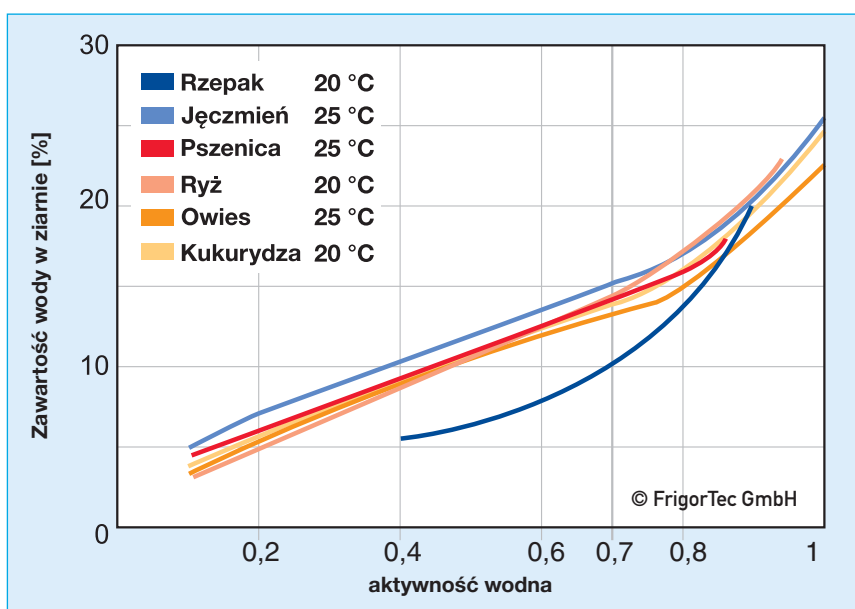
Pomiędzy zawartością wody w ziarnie i względną wilgotnością powietrza zewnętrznego ustala się stan równowagi zależny od temperatury. Ta zależność jest opisana przez izotermę sorpcji. Ziarna zbóż są higroskopijne. Jeśli wilgotne powietrze dostarczane jest do suchego ziarna, dochodzi do nawilgocenia ziarna. Ziarno ulega zepsuciu. Dlatego przewietrzanie ziarna powietrzem bezpośrednio z otoczenia, bez jego przygotowania, jest dopuszczalne tylko przy określonych warunkach pogodowych. Technologia konserwacji przez chłodzenie GRANIFRIGOR™ może pracować niezależnie od warunków pogodowych. Również w czasie deszczu czy mgły urządzenie może być stosowane bez ryzyka nawilgocenia ziarna.

Krzywa równowagi wilgotności ziarna i powietrza

Na rysunku 8 przedstawiono izotermę sorpcji dla pszenicy przy różnych temperaturach ziarna. Powyższy przykład ilustruje, że przy 16% wilgotności produktu aktywność wodna wynosi 0,74. Jeśli w takiej sytuacji wprowadzilibyśmy do masy ziarna powietrze o wyższej wilgotności, to dosz-



8 Izotermę sorpcji dla pszenicy przy różnych temperaturach ziarna



9 Izotermę sorpcji dla różnych rodzajów zbóż i rzepaku

łyby do nawilgocenia ziarna. To mogłoby doprowadzić do nieuchronnego zniszczenia magazynowanego materiału. Szczególnie dramatyczne byłoby nawilgocenie, jeśli dodatkowo temperatura powietrza byłaby wyższa od temperatury ziarna.

Dlatego:

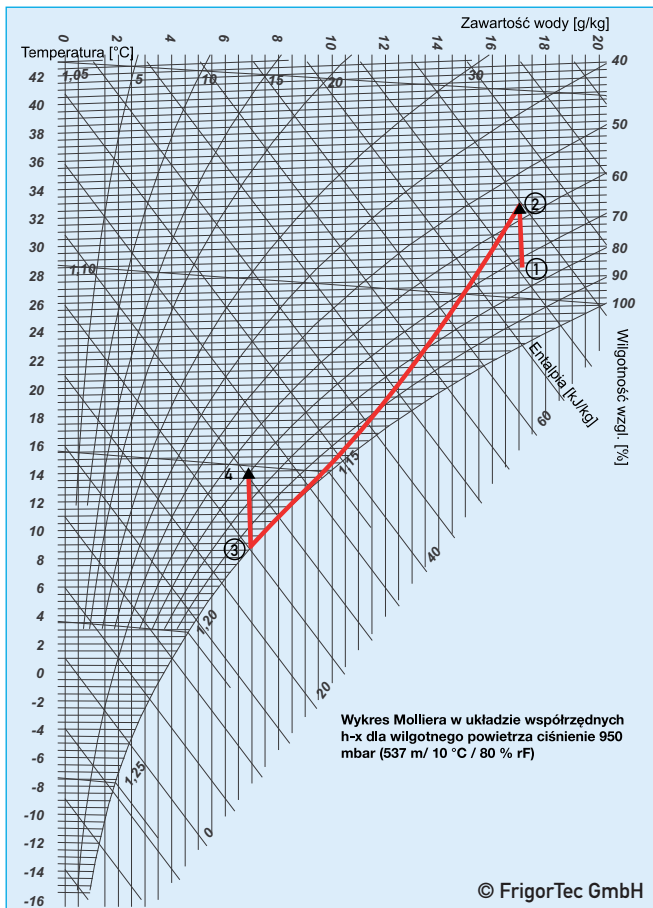
Nigdy nie wolno wprowadzać wilgotnego powietrza do suchego ziarna!

Nigdy nie wolno wprowadzać ciepłego powietrza do zimnego ziarna!

Takie zachowanie dotyczy wszystkich rodzajów zbóż w jednakowym stopniu. Rysunek 9 przedstawia izotermę sorpcji dla różnych rodzajów zbóż.

Schładzanie i osuszanie powietrza przy pomocy urządzenia GRANIFRIGOR™

Przebieg ochładzania powietrza jest schematycznie przedstawiony na wykresie Molliera w układzie współrzędnych h-x (rys. 10). Dmuchała chłodnicy ziarna GRANIFRIGOR™ zasysa powietrze z otoczenia (rys. 10, punkt 1). Wentylator ogrzewa zassane powietrze (rys. 10, punkt 2). Powietrze to w chłodnicy powietrza, parowniku, zostaje schłodzone do



10 Zasada schładzania ziarna na wykresie Molliera w układzie współrzędnych h-x (Lit. 7)

Tab. 3: Kryteria do analizy opłacalności konserwowania przez chłodzenie

Kryterium przy chłodzeniu	konwencjonalne	Korzyści dzięki stosowaniu GRANIFRIGOR™
Straty suchej masy (według Jouin)	wysoka	niska
Koszty inwestycyjne urządzenia chłodzącego	-	odpis (amortyzacja)
Nakłady energii przy chłodzeniu (wartości średnie)	-	3 – 5 kWh/t (8 – 10 kWh/t w tropikach)
Zużycie energii przy suszeniu	wysoka	niskie, dzięki wykorzystaniu efektu wysychania
Straty przy przeładowywaniu	0,03 %	brak strat
Zużycie energii przy przeładowywaniu	tak	nie
Obróbka chemiczna	w razie potrzeby	nie
Szczeliny w ziarnie wywołane naprężeniami	obniżenie jakości	nie
Jakość/świeżość żywna	zmniejszenie ceny	brak zmniejszenia
Utlenianie przy produktach zawierających tłuszcz (ziarno sojowe, sezam, kukurydza, rzepak)	zmniejszenie ceny	brak zmniejszenia
Zdolność kiełkowania ziarno siewne/jęczmień browarny	obniżona	wysoka
Wydajność ryżu (całe ziarno ryżu)	niska	wysoka
Zażółcenie ryżu	obniżenie jakości	nie

potrzebnej temperatury (rys. 10, punkt 3) oraz równocześnie osuszone. Woda jest wydzielana. Mimo iż absolutna zawartość wody spada, to względna wilgotność powietrza wzrasta prawie do 100%. Dla schłodzenia ziarna, dołączony zespół HYGROTHERM™ ogrzewa chłodne i wilgotne powietrze (rys. 10, punkt 4), aby

względna wilgotność powietrza obniżyć na tyle, żeby nie następowało nawilżanie przechowywanego materiału. To ponowne nagrzewanie zachodzi przy wykorzystaniu energii z procesu chłodzenia, odpadają więc jakiegokolwiek dodatkowe koszty energii.

Optymalna temperatura przechowywania

Schłodzenie ziarna powinno nastąpić bezpośrednio po zmagazynowaniu do temperatury poniżej 13 °C. Z powodu chłodnych warunków owady przechodzą w stan odrętwienia zimowego. Nie następuje ich rozwój i rozmnażanie. Unika się szkód z tytułu żerowania. Podobnie, dzięki obniżeniu temperatury przechowywania, znacząco ograniczany jest rozwój grzybów pleśniowych.

Najwyższa opłacalność dzięki zastosowaniu GRANIFRIGOR™

Przy zastosowaniu urządzenia do chłodzenia ziarna GRANIFRIGOR™ minimalizuje się straty suchej masy oraz ogranicza spadek jakości spowodowany żerowaniem owadów i rozwojem grzybów pleśniowych. Jakość ziarna pozostaje zachowana. Przy zastosowaniu GRANIFRIGOR™ zużycie energii na suszenie zostaje zredukowane a czas zajęcia suszarki się zmniejsza. Ponadto nie ponosimy żadnych kosztów na chemiczne zabiegi ochronne. Jeśli przeprowadzona zostanie szczegółowa analiza opłacalności, to w większości przypadków czas amortyzacji urządzenia wynosi 1 do 2 lat. Inwestowanie w GRANIFRIGOR™ jest dzięki temu ekonomiczne i opłacalne. Odpowiednie kryteria dla analizy opłacalności zestawiono w tabeli 3.

Obszar zastosowań

Konserwacja przez chłodzenie może być stosowana zarówno w silosach wieżowych jak i w magazynach płaskich. Ważne jest przy tym, aby rozprowadzenie powietrza w masie ziarna zostało przeprowadzone fachowo. Przy pomocy urządzenia GRANIFRIGOR™ możliwe jest schładzanie wszystkich rolniczych materiałów sypkich. Mogą to być, na przykład: pszenica, jęczmień browarny, rzepak, kukurydza, ryż, ryż Paddy (nie łuskany), soja, nasiona słonecznika, orzechy ziemne, nasiona bawełny, pelety, sorgo, nasiona lnu, nasiona roślin strączkowych, ziemniaki, - nasiona traw, ziarno kakaowe, ziarno kawy, orzechy, żyto, orkisz i wiele innych.

Zastosowanie konserwacji przez chłodzenie

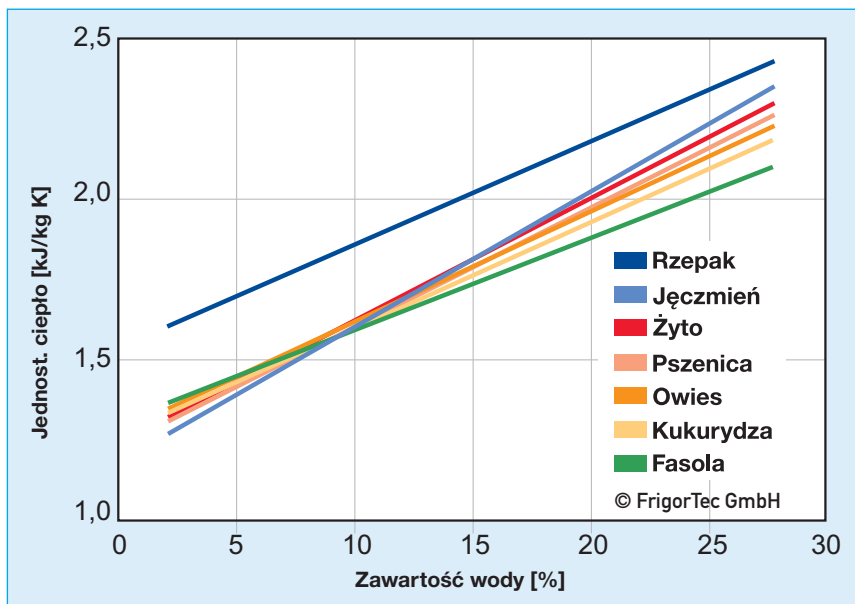
Wobec obfitości różnych produktów rolniczych najważniejsze zastosowania zostaną krótko opisane.

Ryż/ryż Paddy (nie łuskany)

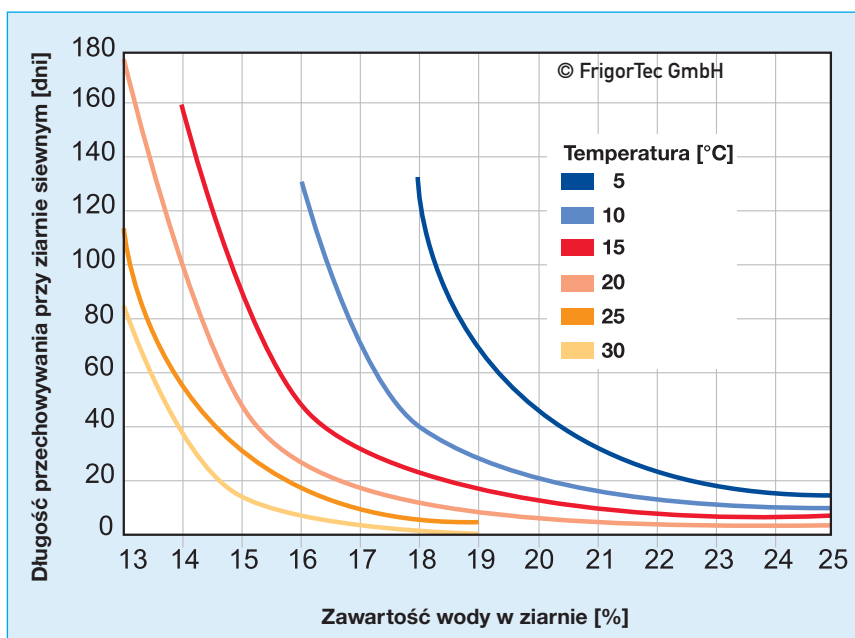
Dla wielu milionów ludzi ryż jest podstawowym pożywieniem. Na świecie znanych jest 8000 różnych biologicznie odmian ryżu (Lit. 8). Dzieli się je na długie, średnie i krótkie. Cechą wspólną jest fakt, iż są to produkty wrażliwe. Ryż powinien być suszony szczególnie delikatnie – najlepiej kilkustopniowo. Podczas cykli suszenia połączonych z chłodzeniem, możliwe jest uniknięcie od jednego do nawet trzech przebiegów (cykli) suszenia (Lit. 9). Poza znanymi i opisanymi korzyściami, konserwacja poprzez ochładzanie zapewnia przy ryżu oraz ryżu Paddy (nie łuskany) dodatkowe korzyści. W licznych badaniach w Centralnej Ameryce i Azji wyraźnie stwierdzono, że przy chłodzonym ryżu prawie nie występuje żółte zabarwienie (Lit. 10). Ponadto przy chłodzonym ryżu oraz ryżu Paddy występuje mniej uszkodzeń ziarna. Przy konserwacji poprzez chłodzenie, wydajność całych ziaren ryżu (head rice) jest wyższa o około 3% niż bez chłodzenia. Przy zwykłym przechowywaniu, po pewnym czasie ryż nabiera zapachu stęchłego. Przy konserwacji ryżu przez chłodzenie taka sytuacja nie występuje. Wszystkie te korzyści są ważnymi argumentami dla zachowania jakości ziarna i w konsekwencji dla wysokości możliwej do uzyskania ceny.

Nasiona rzepaku (rzepak)

Generalnie przechowywanie rzepaku jest trudne (Lit. 11), szczególnie przy niskiej wilgotności (około 9%). W zebranim rzepaku występuje duży udział cząstek tłuszczyn i łodyg oraz nasion chwastów. W czasie omłotu może dojść do niewielkiego nawilgocenia nasion rzepaku wskutek kontaktu z wilgotnymi częściami roślinnymi. Podczas omłotu często dochodzi także do skażenia nasion mikroorganizmami. W takiej sytuacji często wystarczy kilka godzin nocy aby zagrzać wyraźnie partię nasion oraz uczynić wyczuwalnym stęchły zapach charakterystyczny dla rozkładu mikrobiologicznego. W takim środowisku grzyby pleśniowe znajdują idealne warunki wzrostu i rozwoju. Dlatego rzepak powinien być możliwie dobrze oczyszczony. Ponieważ jednak nie wyklucza to możliwości rozwoju grzybów pleśniowych, rzepak



11 Wydzielenie ciepła przy przechowywaniu rzepaku



12 Dopuszczalne okresy przechowywania ziarna siewnego według Agena (Lit. 13)

powinien zostać schłodzony do 10°C. Liczba zarodników grzybów wyraźnie się przez to zmniejsza. W czasie przechowywania rzepak musi zachować jakość swojego oleju. Przy rosnącej wilgotności i temperaturze składowania oleje rozkładają się z wydzielaniem wolnych kwasów tłuszczowych. Wytworzona przy rozkładzie woda i wydzielane przy tym ciepło muszą zostać niezwłocznie usunięte. Stąd wynika konieczność nadzorowania i chłodzenia pryzm rzepaku. Masa usypowa rzepaku, z uwagi na drobne nasiona, jest większa niż na przykład pszenicy. Dlatego pryzma rzepaku, w przeciwieństwie do innych zbóż, powoduje powstanie większych strat

ciśnienia przepływającego przez nią powietrza. Należy wziąć to pod uwagę przy rozkładaniu urządzeń chłodzących. Z powodu wysokiej zawartości lipidów (zawartości tłuszczu) rzepak może związać mniej wody niż inne rodzaje ziarna (Lit. 12). Straty suchej masy rzepaku przy oddychaniu wynoszą około 70% wartości dla zbóż, ale powstaje przy tym o 33% więcej ciepła. Na rys. 11 jest widoczne, że samozagrzewanie rzepaku zostało uwzględnione. Jednostkowe wydzielenie ciepła jest większe niż przy innych rodzajach zbóż. Dlatego przy rzepaku temperatura przechowywania powinna być wyraźnie niższa od 15°C.

Jeśli rzepak ma zbyt duży udział wolnych kwasów tłuszczowych, który normalnie wynosi około 1%, występują problemy przy rozdrabnianiu nasion rzepaku. Wolne kwasy tłuszczowe powstają jeśli rzepak jest przechowywany w zbyt wysokiej temperaturze.

Nasiona roślin oleistych

W nasionach słonecznika, orzechach ziemnych, nasionach bawełny, ziarnie sojowym, nasionach rzepaku, kukurydzy itd., z powodu zawartości oleju i tłuszczu, wytwarzanie ciepła jest dodatkowo intensyfikowane wskutek procesów utleniania. Konsekwencjami są znaczące straty jakości oraz zbrylanie przechowywanego materiału. Poza tym poprzez wzrost zawartości wolnych kwasów tłuszczowych, znów dochodzi do utraty jakości i masy. Przy konserwacji poprzez chłodzenie, w przeciwieństwie do konwencjonalnego przechowywania, można utrzymywać wilgotność większą o około 1–3.

Ziarno siewne/jęczmień browarny

Przy ziarnie siewnym i jęczmieniu browarnym najistotniejsze jest zachowanie jakości zarodków. Schłodzone ziarno siewne o wilgotności 15 do 16 % ma przeciętnie

wyraźnie wyższą zdolność kiełkowania niż bardzo suche ziarno siewne ale przechowywane w wysokiej temperaturze.

Na rysunku 12 przedstawiono zależność dopuszczalnego czasu przechowywania ziarna siewnego od temperatury i wilgotności. Rysunek bazuje na pierwotnej zdolności kiełkowania i dlatego ma odniesienia zarówno dla ziarna siewnego jak i jęczmienia browarnego. Poprzez odpowiednie schłodzenie jęczmienia czy ziarna siewnego do temperatury ochronnej około 10 do 12 °C, wyraźnie wydłuża się możliwy czas przechowywania i skraca się okres spoczynku zarodków.

Kukurydza

Ziarno kukurydzy, z powodu zawartości olejów i tłuszczu, ma skłonności do szybszego nagrzewania się. Dotyczy to także kukurydzy, która ze względów bezpieczeństwa jest suszona do wilgotności 12 do 13%. Takie typowe postępowanie jest wyjątkowo kosztowne i energochłonne, powoduje straty masy oraz obniżenie jakości i przy chłodzeniu kukurydzy nie jest konieczne. Przykładowo w Uniwersytecie Hohenheim w Niemczech oraz w Michigan State University w USA stwierdzono, że przy suszeniu ziarna kukurydzy o wilgotno-



ści 17% ciepłym powietrzem występują największe straty jakości (Lit. 14). Problemy te mogą zostać znacząco ograniczone dzięki konserwacji chłodzeniem.

Pelety

Pelety są schładzane nieprzetworzonym powietrzem zewnętrznym w chłodnicach peletów. Szczególnie pelety o dużej średnicy nie są schładzane aż do środka. Powstają pęknięcia naprężeniowe, co prowadzi do zwiększenia udziału mąki oraz odłamków i przez to do strat jakości. Przy pomocy GRANIFRIGOR™ przechowywane pelety są schładzane równomiernie aż do środka. Pelety pozostają bardzo twarde, w niewielkim stopniu zachodzi rozkruszanie. Efektem tego są najlepsze właściwości sypkie przy wyładowywaniu.



© FrigorTec GmbH

Rozprowadzenie powietrza

Chłodzenie w komorach silosów

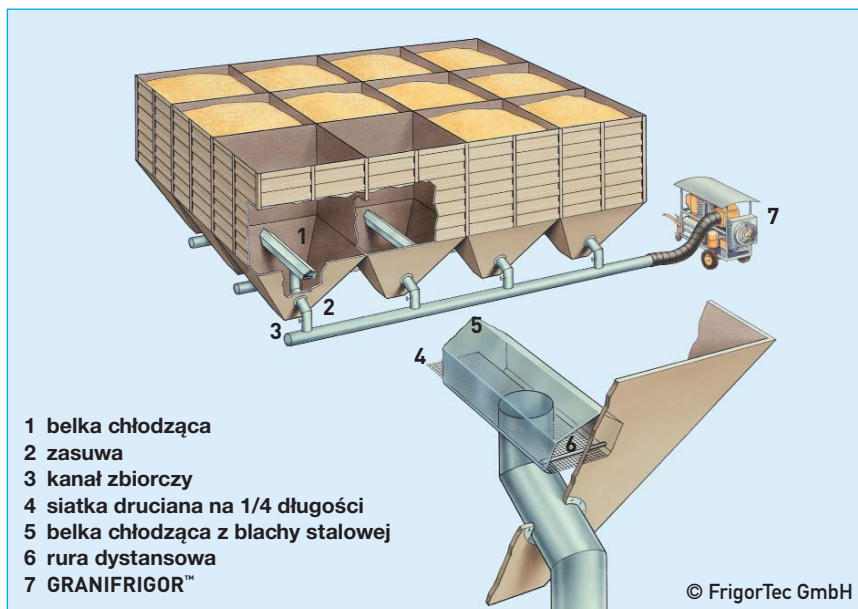
W czasie chłodzenia materiałów sypkich bardzo istotne jest dobre rozprowadzenie powietrza. Przy silosach z płaskim dnem dobrze sprawdziły się podłogi perforowane. Przy silosach ze stożkiem wysypowym stosowane są belki chłodzące wykonywane z giętych blach stalowych. Belki chłodzące są od spodu otwarte i na 1/4 długości są zaopatrzone w drucianą siatkę. To chroni przed zawirowaniami ziarna. Chłodne powietrze z urządzenia GRANIFRIGOR™ jest dostarczane rurociągiem do belek chłodzących. Chłodne powietrze wnika do pryzmy zboża poprzez skierowane ku dołowi otwory na dolnej stronie (rys. 13).

Opór powietrza w pryzmie ziarna powoduje, że chłodne powietrze jest rozdzielane po całym przekroju poprzecznym pryzmy i przepływa przez nią ku górze. Dla umożliwienia usunięcia ciepłego powietrza z pryzmy na zewnątrz, konieczne są odpowiednie otwory pod dachem silosu. Jesienią w pewnych warunkach pogodowych może dochodzić do kondensacji wody. Dla ograniczenia kondensacji wody można stosować izolację termiczną dachu lub zastosować wentylator wyciągowy. Najczęściej, najlepszym rozwiązaniem okazuje się wentylator wyciągowy. Wentylator powinien zapewniać odpowiednio duży wydatek powietrza, przy możliwie małym ciśnieniu.

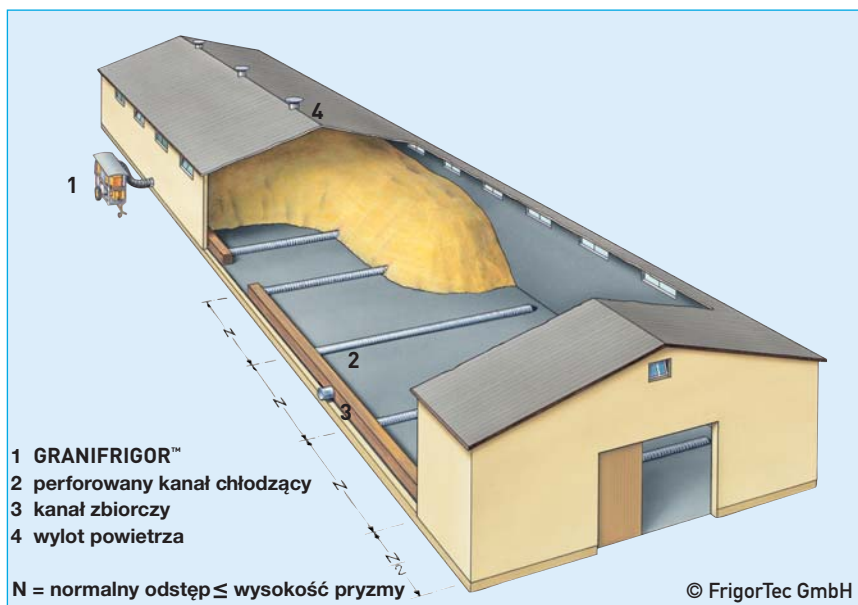
Przy wysokich silosach należy wziąć pod uwagę straty ciśnienia wynikające z wysokości warstwy, przez którą przepływa powietrze. Należy dopasować wentylator urządzenia chłodzącego lub parametry jego pracy. Trzeba przy tym uwzględnić, że przykładowo rzepak powoduje około trzy do czterech razy większe straty ciśnienia przepływającego powietrza niż pszenica.

Chłodzenie w magazynach płaskich/składach

W magazynach płaskich najczęściej na podłodze rozkładane są kanały chłodzące o przekroju półkolistym wykonane z perforowanej blachy. Jeśli kanały są poprowadzone pod podłogą, to przykrywa się je płytami z perforowanej blachy.



13 Przebieg belek chłodzących na przykładzie silosów ustawionych w układzie obok siebie



14 Zasada rozprowadzenia powietrza w magazynie płaskim

Ważne jest przy tym, aby było możliwe proste oczyszczenie i tworzyło się jak najmniej nisz i kantów. Korzyścią z podpodłogowego rozprowadzenia jest możliwość przejazdu po magazynie. Jest to szczególnie korzystne przy pobieraniu materiału z magazynu. Poszczególne kanały poprzeczne są w obrębie budynku lub poza nim połączone kanałem zbiorczym albo samodzielnie uchodzą na zewnątrz. Należy unikać długich kanałów powietrznych oraz należy je izolować przed dopływem ciepła. Odstęp między kanałami chłodzącymi nie może być większy niż maksymalna wysokość pryzmy. Odległości kanałów od ścian nie powinny być większe od połowy

maksymalnej wysokości pryzmy. Jeśli pryzma ziarna ma stożek nasypowy, to powinno to zostać wyrównane poprzez zróżnicowaną perforację kanałów powietrznych albo przez przykrycie powierzchni pryzmy. W przeciwnym razie chłodne powietrze wybrałoby drogę o najmniejszym oporze i szczyt stożka nasypowego nie byłby chłodzony. Najlepszym rozwiązaniem jest unikanie, tak daleko jak to możliwe, tworzenia stożka nasypowego, przez odpowiednie rozdzielanie składowanego materiału.

Podsumowując GRANIFRIGOR™ zapewnia liczne korzyści, które muszą zostać wzięte pod uwagę przy analizie opłacalności:

- Pozbawione ryzyka długie przechowywanie bez strat jakości
- Ochrona przed żerowaniem i rozmnażaniem owadów
- Ochrona przed grzybami i mykotoksynami
- Uniknięcie stosowania drogich i nieekologicznych środków chemicznych
- Minimalizacja strat wynikających z oddychania
- Brak potrzeby przeładowywania
- Zmniejszenie kosztów suszenia
- Zachowanie świeżości żywności
- Zachowanie jakości zarodków
- Brak występowania zażółcenia ryżu
- Wysoka wydajność całych ziaren przy ryżu
- Brak w ziarnie szczelin wywołanych naprężeniami
- Brak utleniania przy produktach zawierających tłuszcze
- Chłodzenie może być przeprowadzane niezależnie od warunków pogodowych

Literatura

- 1 Brunner H (1989) *Getreidepflege durch Kühlkonservierung*. Technische Rundschau Sulzer, Heft 4, Gebrüder Sulzer AG Winterthur, Szwajcaria
- 2 Jouin C (1964) *Grundlegende Kalkulationen für die Belüftung des Getreides*, Getreide und Mehl, Band 14, Heft 6, dodatek do czasopisma „Die Mühle“, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 3 Kolb RE (2001) *Kühle Getreidelagerung*, Mühle + Mischfutter, Heft 17, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 4 Anonymus (2002) *Gefahr erhöhter Mykotoxinbildung im Getreide*, Mühle + Mischfutter, Heft 19, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 5 Lacey J, Hill ST, Edwards MA (1980) *Microorganisms in stored grains; their enumeration and significance*. Tropicsh stored product information 39
- 6 *Getreide Jahrbuch 2002/2003*. Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 7 Mollier R (1923/1929) *Das i, x-Diagramm für Dampfluftgemische*, Zeitschrift VDI, 67
- 8 Kunde K-H (1987) *Reis - seine Bedeutung und Bearbeitung*, Die Mühle + Mischfüttertechnik, 124. Jahrgang, Heft 32/33, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 9 Barth F (1995) *Cold storage of Paddy - the solution to your storage problems*, World Grain, July 1, Sosland Publishing Co, Kansas City/USA
- 10 Vasilenko E, Sosedov N et al. (1976) *Die Gelbfärbung von Reis*, tłumaczenie z j. rosyjskiego ukazało się w Die Mühle + Mischfüttertechnik, 113. Jahrgang, Heft 17, Verlag Moritz Schäfer, Detmold
- 11 Eimer M (1998) *Konservierung und Lagerung von Raps*, Raps, 16. Jahrgang, Heft 7, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen
- 12 Humpisch G (2002) *Gesunderhaltung von Rapssaat*, Raps, 20. Jahrgang, Heft 3, Verlag Th. Mann, Gelsenkirchen
- 13 Agena MU (1961) *Untersuchungen über die Kälteeinwirkung auf lagernde Getreidefrüchte mit verschiedenen Wassergehalten*, Dissertation Universität Bonn
- 14 Bakker-Arkema FW, Maier DE, Mühlbauer W, Brunner H (1990) *Grain-chilling in the U.S.A. to maintain grain-quality*, World Grain, January 1, Sosland Publishing Co, Kansas City/USA



© Frigor Tec GmbH

Typoszereg maszyn
GRANIFRIGOR™ –
do chłodzenia ziarna



KK 80 AHY



KK 140 AHY



KK 140 Tropic



KK 180 AHY



KK 220 AHY



KK 220 Tropic



KK 400 AHY



KK 400 Tropic

© FrigorTec GmbH

FrigorTec (dawniej dział produkcyjny agregatów chłodniczych w firmie Axima lub Sulzer Escher Wyss) – Specjalista w dziedzinie urządzeń klimatyzacyjnych i pomp ciepłych:

urządzenia do chłodzenia
zboża
GRANIFRIGOR™

klimatyzatory suwnicowe
CRANEFRIGOR™

standardowe urządzenia
chłodnicze
STANDARDFRIGOR

rozwiązania specjalne
SHELTERFRIGOR

Dystrybutor:



SERVICE – Nasz serwis przeprowadza naprawy sprzętu i zapewnia dostęp do części zamiennych na całym świecie.

FRIGOR  **TEC**

FrigorTec GmbH • Hummelau 1
88279 Amtzell / Germany
Tel.: +49 75 20 / 9 14 82 - 0
Fax: +49 75 20 / 9 14 82 - 22
info@frigortec.de
www.frigortec.com