

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Technická fakulta

**OPTIMALIZACE SPOTŘEBY ENERGIE PŘI  
VÝROBĚ SLADU**

Diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Ladislav Chládek, CSc.

Autor práce: Lenka Kolářková

Praha 2011

### ***Prohlášení***

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Ladislava Chládky, CSc. a uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

Další informace mi poskytli ředitelé sladoven v ČR, Ing. Ladislav Černý a Ing. Josef Sanetrník.

.....

## ***Poděkování***

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucímu práce, doc. Ing. Ladislavu Chládkovi, CSc. za cenné rady, připomínky, ochotu a přátelský přístup při vedení práce. Dále bych ráda poděkovala výzkumnému pracovníku Výzkumného ústavu pivovarského a sladařského v Praze, Ing. Ladislavu Černému, zaměstnanci firmy MOPOS a.s., Ing. Josefu Sanetrníkovi a ředitelům, manažerům a zaměstnancům sladoven, se kterými jsem spolupracovala, konkrétně Ing. Holému, Ing. Černochovi a Ing. Šustovi, dále pak Ing. Sekorovi a panu Z. Skovajsovi za ochotu a poskytnutí cenných podkladů pro mou DP.

.....

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2 CÍL PRÁCE A METODIKA</b> .....	<b>2</b>
2.1 – CÍL PRÁCE .....	2
2.2 – METODIKA PRÁCE.....	2
<b>3 LITERÁRNÍ REŠERŠE</b> .....	<b>3</b>
3.1 – SLEDOVANÁ DATA .....	3
3.1.1 – <i>TOPNÁ MÉDIA</i> .....	3
3.1.2 – <i>ELEKTRICKÁ ENERGIE</i> .....	3
3.1.3 – <i>VODA</i> .....	4
3.2 – ZAŘÍZENÍ SLADOVEN .....	5
3.2.1 – <i>MÁČÍRNA</i> .....	5
3.2.2 – <i>KLÍČÍRNA</i> .....	8
3.2.3 – <i>HVOZD</i> .....	14
3.2.4 – <i>DOPRAVNÍ ZAŘÍZENÍ</i> .....	15
3.2.5 – <i>ČIŠTĚNÍ A TŘÍDĚNÍ JEČMENE</i> .....	17
3.2.6 – <i>ODKLIČOVÁNÍ A ČIŠTĚNÍ SLADU</i> .....	19
<b>4 EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE A JEJICH VYHODNOCENÍ</b> .....	<b>20</b>
4.1 – CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÝCH ZAŘÍZENÍ.....	20
4.2 – MÁČENÍ.....	23
4.2.1 – <i>VLIV POUŽITÉ TECHNOLOGIE</i> .....	23
4.2.2 – <i>VLIV POUŽITÉHO ZAŘÍZENÍ</i> .....	23
4.2.3 – <i>MOŽNOSTI ÚSPOR</i> .....	23
4.3 – KLÍČENÍ.....	26
4.3.1 – <i>VYHODNOCENÍ PROCESU KLÍČENÍ</i> .....	26
4.3.2 – <i>MOŽNOSTI ÚSPOR</i> .....	29
4.4 – HVOZDĚNÍ.....	30
4.4.1 – <i>VYHODNOCENÍ PROCESU HVOZDĚNÍ</i> .....	30
4.4.2 – <i>MOŽNOSTI ÚSPOR</i> .....	30
4.5 – OSTATNÍ MOŽNOSTI ÚSPOR.....	35
4.5.1 – <i>ÚSPORNÁ OPATŘENÍ PŘI SANITACI</i> .....	35
4.5.2 – <i>OSTATNÍ MOŽNÉ ÚSPORY</i> .....	36
4.5 – MOŽNOSTI ÚSPOR ENERGIÍ V ZÁVODECH RŮZNÝCH VELIKOSTÍ.....	38
<b>5 ZÁVĚR</b> .....	<b>41</b>

<b>6 POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>42</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>44</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>45</b>
<b>7 PŘÍLOHY .....</b>	<b>46</b>

## **Abstrakt**

Cílem této práce je shrnutí a popis možných opatření snížení spotřeb energií aplikovatelný v provozech sladoven v České republice. Jedná se především o elektrickou energii, plyn, vodu a teplo. Práce je rozdělena do tématických celků podle probírané technologie. Součástí je i popis jednotlivých technologií a technického vybavení, které se ve sladovnách používá. Veškeré informace a údaje v diplomové práci se týkají výhradně sladoven v ČR, ale vzhledem k charakteru poskytnutých informací jsou jednotlivé podniky v anonymitě. Vypovídací schopnost zjištěných výsledků je však závislá na kvalitě poskytnutých dat jednotlivými závody. Navrhovaná opatření nelze aplikovat všeobecně pro všechny závody z důvodu jejich rozdílného strojního zařízení, nicméně navrhovaná optimalizace sanitačního procesu je použitelná v každém podniku.

**Klíčová slova:** Energie, optimalizace, ječmen, slad, máčení, klíčení, hvozdění

## **THE OPTIMISATION OF ENERGY CONSUMPTION DURING MALT PRODUCTION**

### **Summary**

The goal of this work is a summary and description of possible actions applicable in malt plants to reduce energy consumption. These are mainly for electric energy, gas, oil, water and heat. This work is divided into theme units according used technology. Work also includes a description of technologies and equipments used in malt plants. All informations and data used in this work relate only to the malt plants in Czech Republic, all informations provided by individual companies have been used without source indication. In anonymity. Due to different mechanical equipment of malt plants are available data not transferable for all companies but suggested optimisation of the sanitation process is applicable in every company.

**Key words:** Energy, optimisation, barley, malt, steeping, germination, kilning

# 1 ÚVOD

Tato práce si klade za cíl návrh a následné posouzení možných opatření v provozech sladoven, které by vedly ke snížení spotřeb energie. Součástí toho je i shrnutí použitých technologií a technického vybavení sladoven na území České republiky, porovnání energetické náročnosti jejich provozů a následné vyhodnocení získaných dat.

Navržená opatření jsou vždy vztažena k určité části technologického procesu. Při procesu máčení se týkají možného dalšího využití máčecí vody, její recirkulace, ale i možnosti úspor vody v závislosti na použité technologii. Hvozdění se nejnáročnější na spotřebu tepla, a proto se možnosti úspor týkají především využití odpadního tepla, tepla spalin a rekuperace.

## **2 CÍL PRÁCE A METODIKA**

### **2.1 – CÍL PRÁCE**

Cílem práce je objektivní vyhodnocení sledovaných dat, za účelem možných úspor ve sladařském průmyslu a porovnání jednotlivých technologických procesů při výrobě sladu z hlediska energetické náročnosti.

### **2.2 – METODIKA PRÁCE**

- teoretické seznámení s danou problematikou, popis sladoven, technologií a sledovaných zařízení
- definice sledovaných dat
- měření a vyhodnocení dat
- na základě vyhodnocení experimentálně získaných výsledků, návrh možných úsporných řešení, jejich posouzení
- vyhodnocení dat ve vztahu k použité technologii, objemu výroby a použitého zařízení



## **3 LITERÁRNÍ REŠERŠE**

### **3.1 – SLEDOVANÁ DATA**

Pro získání objektivních dat byly osloveny sladovny s rozdílnými technologiemi sladování, strojním zařízením a objemem výroby, některé z oslovených sladoven poskytly podrobné informace o celkové spotřebě plynu, tepla, elektrické energie a vody. Na základě těchto informací byly získané údaje přepočteny a vztaženy na tunu vyrobeného sladu.

#### **3.1.1 – TOPNÁ MÉDIA**

##### **3.1.1.1 - PLYN**

Plyn se ve sladovnách využívá primárně pro ohřev vzduchu proudícího na lísky do hvozdu. V současné době používá plyn jako topné médium většina sladoven.

Plyn je odebírán z centrální sítě, za ceny, které jsou výsledkem obchodního jednání.

##### **3.1.1.2 – FOSILNÍ PALIVA**

Výjimečně jsou v některých sladovnách jako palivo využívány LTO nebo uhlí.

#### **3.1.2 – ELEKTRICKÁ ENERGIE**

Slouží jako pohon většiny strojního zařízení ve sladovnách, každý stroj má vlastní minimálně jeden elektromotor. Zároveň může být elektrická energie využívána pro chlazení vody, používané pro proces klíčení ječmene. Další místo aplikace elektrické energie jsou:

- 
- dopravní cesty
  - třídačky, čističky, odkličovačky
  - čerpadla

provoz	máčení	klíčení	hvozdnění	doprava a odsávání
spotřeba [%]	4	33	50	13

**tab.1** – Poměr elektrické energie pro jednotlivé technologické procesy

Elektrická energie je buďto odebírána z centrální sítě, za ceny dohodnuté s dodavatelem, nebo je možné využít kogeneračních jednotek pro současnou výrobu el. energie a tepla (viz. kap. 4.4.2.9).

### **3.1.3 – VODA**

Oblastí, kde se voda ve sladovně využívá, je několik. Největší objem vody je použit pro máčení ječmene, které probíhá v náduvnících. Dále je voda využívána pro chlazení a dokrápění při klíčení ječmene a v neposlední řadě je poměrně velké množství vody potřeba pro sanitaci sladovny.

Voda je odebírána z veřejné vodovodní sítě, nebo je možné využívat říční nebo studniční vodu. Voda ze studní většinou odpovídá svým složením předepsaným limitům a není ji třeba dále upravovat.

## 3.2 – ZAŘÍZENÍ SLADOVEN

### 3.2.1 – MÁČÍRNA

#### 3.2.1.1 – TECHNOLOGIE

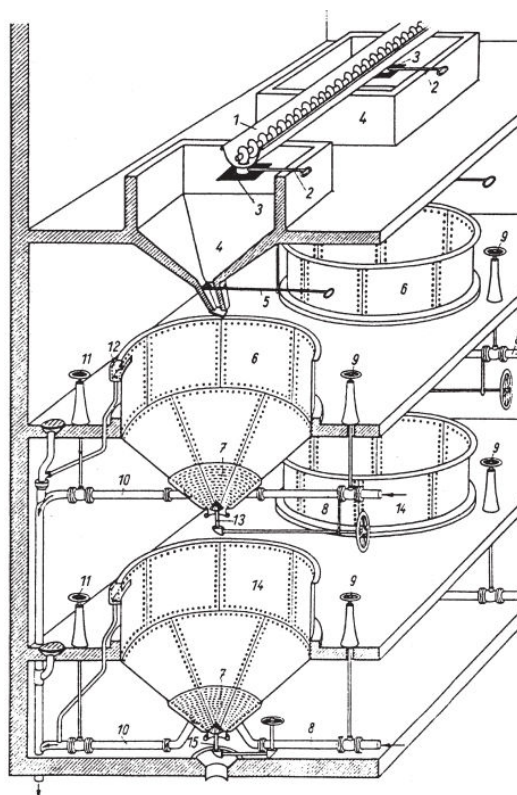
Cílem máčení je zvýšit řízeným způsobem obsah vody v zrna pro zahájení enzymatických reakcí a pro klíčení zrna. Podmínkou pro správný průběh klíčení je dostatek vody a vzduchu v namáčeném ječmeni. Velice důležité je vyprání ječmene, při němž se z ječmene vylouží barevné a hořké látky a bílkoviny z pluch. Tyto látky negativně ovlivňují sensorické vlastnosti piva.

Máčení probíhá nejčastěji 2 dny na přepouštěcí nebo přečerpávací máčírně vybavené přípravnými koši a náduvníky.

V přepouštěcí máčírně jsou náduvníky umístěny pod sebou (viz obr.1) a ječmen s vodou se samospádem přepustí do dalšího náduvníku.

Přečerpávací máčírna má maximálně dvě patra a ječmen s vodou je přečerpáván čerpadly.

K vybavení máčírny patří i zařízení na odsávání  $\text{CO}_2$ , sprchování ječmene, odsávání prachu a automatický vzorkovač namáčeného ječmene. Největší příjem vody je prvních 4 - 6 hodin máčení. Postupně se difúze vody zpomaluje.



**obr.1** – Máčírna s náduvníky pod sebou  
(Kunze, 2010)

---

Rozeznáváme několik technologických postupů při procesu máčení:

## **VZDUŠNÉ MÁČENÍ**

### **Technologický postup:**

#### 1. namáčení

Ječmen je pročištěn vodou, která vyplaví na hladinu zbytek nečistot, prachu a lehká zrna. Těmto nečistotám se říká splavky, což je odpad, který se po úpravě vypouští přes odlučovače do odpadních vod. Obsah vody v zrně po prvním máčení je 30%. Po prvním namáčení následuje vzdušná přestávka jejíž délky se řídí technologií výroby sladu.

#### 2. namáčení

Obsah vody v zrně vzroste na 38 – 40%. Následuje další vzdušná přestávka. Délka máčení i vzdušné přestávky je stanovena technologickým postupem výroby.

#### 3. namáčení

Domočení ječmene na požadovaný obsah vody 42 - 44%. Se třetí vodou se ječmen vymáčí pro další zpracování v klíčících skříních. Toto probíhá s vodou, pak jde o mokré vymáčení, nebo se ječmen nechá okapat a jedná se o vymáčení za sucha.

## **SPRCHOVÉ MÁČENÍ**

Ječmen je při tomto způsobu máčení pouze kropen, to znamená že nedojde k odstranění prachu a splávek, ani nežádoucích látek z pluchy. Je proto velmi důležité aby byl ječmen dobře vyčištěn. Doporučuje se před tímto namáčením, ječmen vyprat v pračce, anebo provést alespoň jedno klasické namočení v náduvníku. Následuje dokrápění, které je prováděno při transportu ječmene z náduvníků do klíčících zařízení. Tento způsob namáčení je běžně používán při použití plochých náduvníků.

---

## ZÁPLAVOVÉ MÁČENÍ

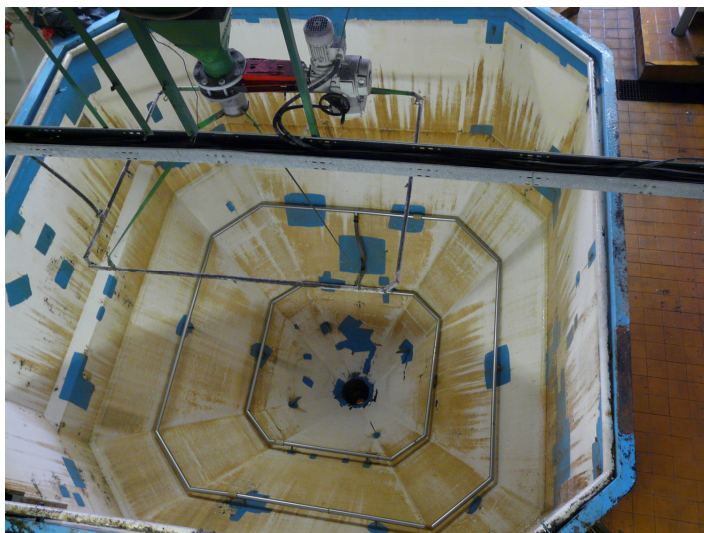
Smyslem tohoto způsobu máčení a jeho největší výhodou je úspora času. Zchlazení náduvníku je prováděno vodou, stejně jako odstraňování oxidu uhličitého. Nevýhodou tohoto postupu máčení je přibližně 30% nárůst spotřeby vody.

### 3.2.1.2 – KÓNICKÉ NÁDUVNÍKY

Jsou to kovové nádoby s kruhovým nebo čtvercovým průřezem a s kuželovým (kónickým) dnem se spádem 45°. Jsou vybaveny zařízením dvěma perforovanými věnci pro provzdušňování, převrstvování a praní ječmene (viz obr.2).

Existuje také Wildův náduvník s centrální trubkou, kterou je ječmen přečerpáván spolu s vodou. Pohyb zrn je zajištěn přívodem tlakového vzduchu. Dalším rozdílem oproti klasickým kónickým náduvníkům je 60° spád dna.

Všechny náduvníky mají zařízení na odsávání oxidu uhličitého, sprchování ječmene, odsávání prachu a automatický vzorkovač namáčeného ječmene.



**obr.2** – Náduvník s kónickým dnem

### 3.2.1.3 – NÁDUVNÍKY S PLOCHÝM DNEM

Kovové nádoby s kruhovým nebo čtvercovým průřezem a s plochým, perforovaným dnem. Rovnoměrné nastírání, rovnání ječmene i vystírání zaručuje žiraklér. Je to zařízení umístěné na centrálním nosném sloupku, po kterém se může vertikálně pohybovat a otáčet se kolem něj. Má několik ramen na kterých jsou umístěny lopatky. Podle směru otáčení žirakléru je ječmen posouván do středu nebo k okraji náduvníku. Nevýhodou je větší spotřeba vody než u kónických náduvníků. Je to z toho důvodu že je vodou zaplněn i prostor pod perforovaným dnem.



**obr.3** – Náduvník s plochým dnem – žiraklér (fa Schmidt-Seeger)

## 3.2.2 – KLÍČÍRNA

### 3.2.2.1 – TECHNOLOGIE

Cílem klíčení je aktivace enzymového systému zrna a docílení požadovaného rozluštění (vnitřní přeměny). Při klíčení probíhají biochemické procesy jako při klíčení v přírodě. Zrno potřebuje vláhu, příslušnou teplotu a kyslík.

Z hlediska teploty při klíčení dělíme technologický postup klíčení na:

**Klíčení při konstantní teplotě**

**Klíčení při vzestupné teplotě**

**Klíčení při sestupné teplotě**

---

### **Klíčení při vzestupně-sestupné teplotě**

Další dělení z hlediska teploty klíčení je na:

**Klíčení studené** – teplota nepřekročí 12 °C

**Klíčení při střední teplotě** – teplota v rozmezí 14°C – 18°C

**Klíčení teplé** – při vyšší teplotě, která nepřesahuje 22 °C

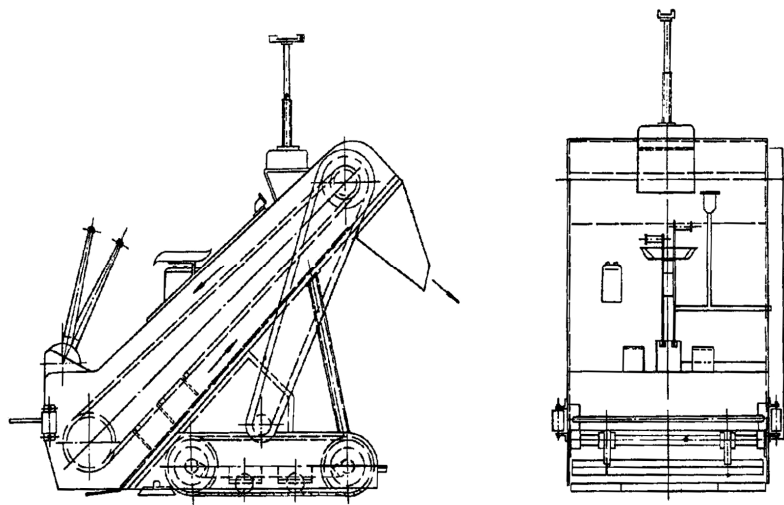
### **STÁDIA KLÍČENÍ**

- **mokrý hromada** - ječmen vymočený na humna nebo do klíčících zařízení
- **suchá, oschlá hromada** - do 24 h po vymočení, se objevuje první hlavní zárodečný kořínek, hromadě se musí přivádět dostatek vzduchu, ječmen špicuje.
- **pukavka** - potřeba dostatku vzduchu, objevují se další kořínky, a nadále jejich rostou, dochází k intenzivnímu dýchání hromady (intenzivní vůně okurek), postupně hromada přechází do stadia vidličkování a mladíku. Vzniká tak mladá hromada.
- **mladík** - nejdůležitější fáze klíčení, zrno intenzivně dýchá, dochází k enzymatickým přeměnám, pokud je v hromadě nedostatek oxidu uhličitého, může dojít ke zvýšeným ztrátám dýcháním zrna a růstem kořínků.
- **vyrovnaná hromada** – stárnutí hromady, její dýchání zpomaluje, délka kořínků a stříšky se vyrovnává.
- **stará hromada** - v tomto stadiu už nesmí být zelený slad dokrápěn. Hromada je kypřena takovým způsobem, aby v ní zůstala zbytková koncentrace oxidu uhličitého, který utlumí dýchání zrn. To způsobí zastavení růstu stříšky a kořínků. Postupně je možné pozorovat zavadání kořínků. Závěr klíčení má výrazný vliv na sladovací ztráty. Fáze klíčení je ukončena nastíráním zeleného sladu na hvozdu.

### 3.2.2.2 - HUMNA

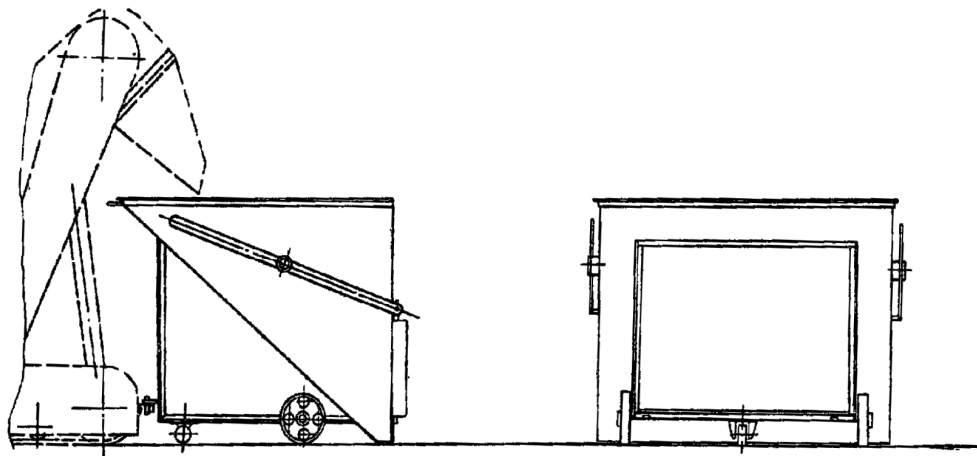
Jsou to historicky nejstarší klíčící zařízení, tvořeny prostornými vzdušnými místnostmi, jejichž podlaha je vyrobena z hlazeného betonu nebo keramické dlažby. Spádovány jsou směrem ke kanálům. Optimální teplota je 10 – 15°C a vlhkost 85 – 95 %. V případě že jsou v místnosti okna, musí být zabezpečeny nátěrem proti pronikání denního světla. Před každým nastíráním ječmene je nutno provést dezinfekci (vápenným mlékem, chlorem) a poté spláchnout čistou vodou. Ječmen se nanese na podlahu do výšky, která je závislá na teplotě a vlhkosti místnosti (kolem 15 cm, což odpovídá 20 – 30 kg.m<sup>-2</sup>), pokud mají humna zabudované chlazení v podlaze, je možné zatížení zvětšit.

Aby byla udržena stálá teplota a vlhkost uvnitř hromady je nutno zrno provzdušňovat, což se provádí ručně nebo pomocí maltomobilů (obr.4). Pás ječmene obráceného maltomobilem je široký cca 1m. Maltomobil je vybaven kovovými lopatkami na nekonečném řetězu, které v případě sklizení, vyzvednou ječmen do dostatečné výšky a ječmen je dopraven do dvoukolových vozíků. Ty už ale musí být odváženy ručně.



obr.4 – Maltomobil (Polešovský, Hrubíšek, Hanák, 1964)





**obr.5** – Vymáčecí vozík plněný maltomobilem  
(Polešovský, Hrubíšek, Hanák, 1964)

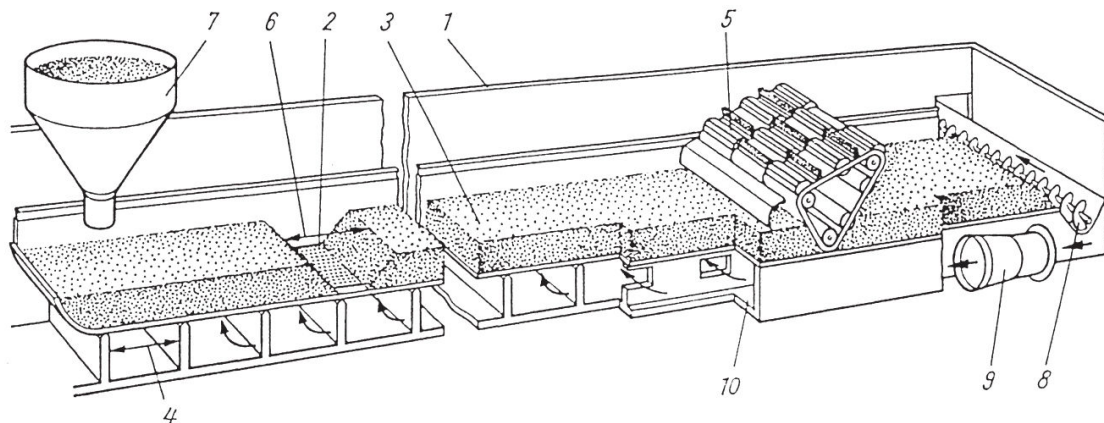
### 3.2.2.3 - POSUVNÁ HROMADA

Pokusem o mechanizaci klíčícího procesu je tzv. posuvná hromada. Je to ojediněle se vyskytující zařízení (např. dnes již uzavřeném pivovaru Braník), kde je pomocí obraceče nastíraný ječmen dvakrát denně obrácen (posouván) od místa vymáčení (první den linky) směrem ke šnekovému dopravníku, který ječmen dopraví na hvozd (poslední den linky). Líska je dělena na jednotlivá pole (půlpole), kdy každý den dojde jak k vyprázdnění jednoho pole (sedmý nebo osmý den, podle konstrukce), tak k nastírání jednoho pole. klíčení je tedy sedmidenní nebo osmidenní. Délka obraceče je jedno půlpole. Výhodou tohoto způsobu je vznik denní výrobní šarže každý den klíčení.

Do podlísčí jednotlivých polí je přiváděn klimatizovaný vzduch. Množství vzduchu je regulováno nastavením větracích klapek. Teplota a množství větracího vzduchu určují teplotu klíčícího ječmene (teplotu v hromadě).

Na obraceč je přivedena voda a dle potřeby je možno při obracení dokrápět klíčící zrno.

Nevýhodou je, že časový rozvrh obracení a posouvání celé hromady musí být dodržen, i když hromada klíčí rychle, nebo naopak pomalu. Na přechody mezi jednotlivými dny navíc dochází ke vzájemnému promíchávání šarží.



1 – linka PH, 2 – líska, 3 – klíčící ječmen, 4 – půlpole klíčení, 5 – obraceč, 6 – sanitované klíčící pole, 7 – vymáčecí náduvník, 8 – vyklízecí šnek, 9 – ventilátor, 10 – větrací kanál

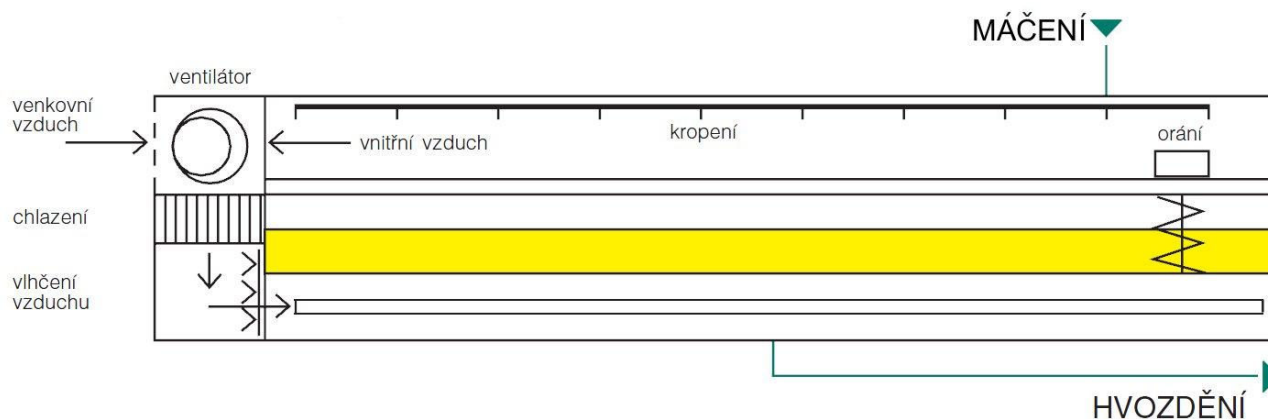
**obr.6** – Posuvná hromada (Hlaváček, Lhotský, 1972)

### 3.2.2.4 - SYSTÉM LAUSMANN (viz příloha 2)

Je to klíčící linka s několika na sebe navazujícími klíčícími skříněmi. Každá jednotlivá klíčící skříň obsahuje jednodenní dávku a každé pole je od dalšího zcela oddělené. Každé denní pole má vlastní tlakový prostor pod lískou, vlastní větrání, zařízení pro zvlhčování vzduchu, žaluziové klapky pro čerstvý a vratný vzduch, jakož i výměníky tepla pro regulaci teploty vstupujícího vzduchu. Z toho důvodu je možné nastavit pro příslušné stádium klíčení nejvýhodnější poměry vzduchu a jeho vstupní teplotu optimálně regulovat. (fa Lausmann)

### 3.2.2.5 - SALADINOVA SKŘÍŇ

Samostatná klíčící jednotka s vlastním ventilátorem, chladicí a klimatizační jednotkou, obracečem a regulací. Délka skříňe s perforovaným dnem je až 75 m. Skříň je naplněna vždy jedinou šarží ječmene a umožňuje individuální délku klíčení hromady. Pro dopravu do skříní se používá pásový dopravník, který může být doplněn odhrnovací radlicí. Šnekový obraceč potom ječmen urovná a následně se zahájí větrání a podle potřeby nakrápění. Vyklízení skříňe se provádí pomocí šnekového dopravníku (jednoho nebo dvou).



obr.7 - Saladinova skříň (Soufflet ČR, a.s.)

### 3.2.2.6 – VĚŽOVÉ SLADOVNY

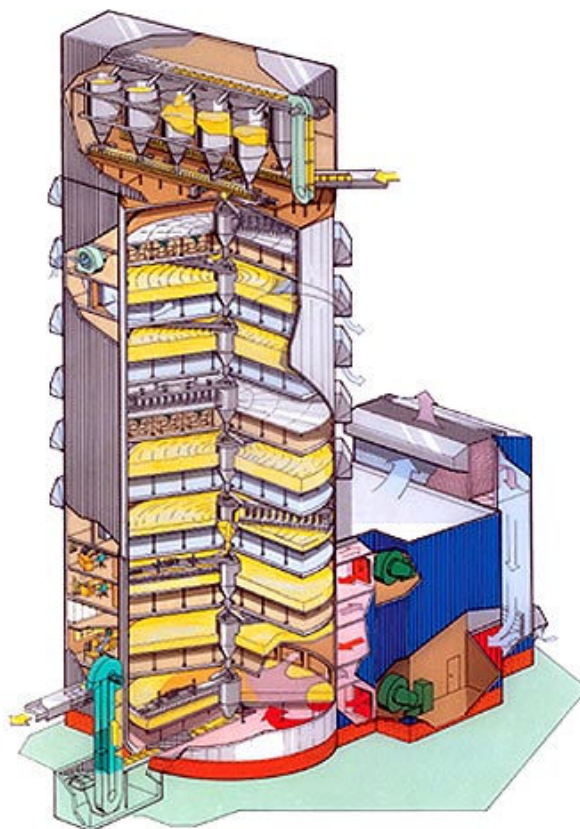
Jsou to kruhové klíčící skříňe, kde jsou jednotlivé lísky umístěné svisle pod sebou. Výhodou je možnost využití samospádu, malá zastavěná plocha, nízké náklady na obsluhu a možnost proces výroby sladu plně automatizovat. Je možné umístit do věže všechny úseky výroby sladu (máčení, klíčení i hvozďení). Věžové sladovny mohou dosahovat až 60 metrů do výšky a průměru cca 25 metrů. Vnitřní šachta zajišťuje rozvody energií a obsluhu věže.

Nevýhodou jsou poměrně vysoké investiční náklady a nároky na statiku stavby. V České republice je pouze jediná stavba tohoto typu.

### 3.2.3 – HVOZD

#### 3.2.3.1 - TECHNOLOGIE

Cílem hvozdění je snížení obsahu vody ve sladu pod 4%, zastavení vegetačních pochodů při zachování požadované enzymové aktivity a vytvoření chuťových, barevných a oxidoredukčních látek, tvořících charakter sladu. Dosahuje se toho nejprve řízeným šetrným způsobem sušení v nadbytku vzduchu při teplotách 20 – 60°C a v další fázi hvozděním ve slabém proudu horkého vzduchu při teplotách 60 – 80°C. Tím se hvozdění liší od normálního sušení, které by jinak bylo dosažitelné rychleji a levněji, ale získaný slad a z něj vyrobené pivo by postrádaly požadované vlastnosti. Zelený slad má vysoký obsah vody a není na rozdíl od hotového sladu skladovatelný.



**obr.8** – Věžová sladovna  
([www.cimbria.com](http://www.cimbria.com))

#### 3.2.3.2 – JEDNOLÍSKOVÝ HVOZD (viz příloha 3)

Výška vrstvy nastřehného sladu se pohybuje od 0,8 do 1,2 m. Jeho výhodou je jednoduché nastírání a vyklízení, možnost úplné automatizace technologických procesů a nižší investiční náklady než u dvoulískového hvozd. Nevýhodou je sušení ve vysoké vrstvě, což způsobuje nehomogenitu hvozdění a sladu. Hvozd má vyšší spotřebu energie i při použití rekuperace. (Kosař a Procházka, 2003)

---

Na jednolískových hvozdech probíhá hvozdní sladu plzeňského typu technologií 1x24 h. Při výšce nastřeného sladu okolo 1 m je délka hvozdní cca 18 až 20 hodin. Během této doby musí proběhnout všechny hlavní technologicky významné fáze hvozdní [cit. 2010 – 30 - 03]. Dostupné z <<http://www.pivovarskaskola.cz/pdf/06pjHvozdeni.pdf>>.

### **3.2.3.3 – DVOULÍSKOVÝ (viz. příloha 4)**

Je výhodnější z hlediska menší spotřeby energie a vyšší homogenity sladu, protože se používají nižší vrstvy nastřeného sladu. To je důležité především pro výrobu světlých sladů. Nevýhodou je vysoká investiční náročnost, větší nároky na obsluhu.

Hvozdní probíhá v 16 nebo 32 hodinových cyklech. zelený slad se nastírá na horní lísku hvozdu v rovnoměrné vrstvě po celé ploše lísky. Po sklopení lísky po 10 – 11 h se předsušený slad spustí na dolní lísku, urovná se a hvozdí a dotahuje dalších cca 11 h. Nerovnoměrnost nastírání by způsobila nestejněné odsoušení sladu, zhoršení jakosti sladu a ekonomiky hvozdní. Výška nastírané vrstvy je závislá na konstrukci hvozdu, jeho tahu a výhřevnosti, době hvozdní, naklíčení zeleného sladu, teplotě a relativní vlhkosti venkovního vzduchu [cit. 2010 – 30 - 03]. Dostupné z <<http://www.pivovarskaskola.cz/pdf/06pjHvozdeni.pdf>>.

V některých sladovnách se používá technologie hvozdní 2x24 h, kdy nastírání a sbírání probíhá jednou za den. Slad je nejdříve jeden den na horní lísce a poté jeden den na spodní.

### **3.2.4 – DOPRAVNÍ ZAŘÍZENÍ**

Slouží k dopravě ječmene, zeleného sladu a hotového sladu. Dopravníky mohou být buď mechanické (vertikální, horizontální), nebo pneumatické.

### 3.2.4.1 - KOREČKOVÉ ELEVÁTORY

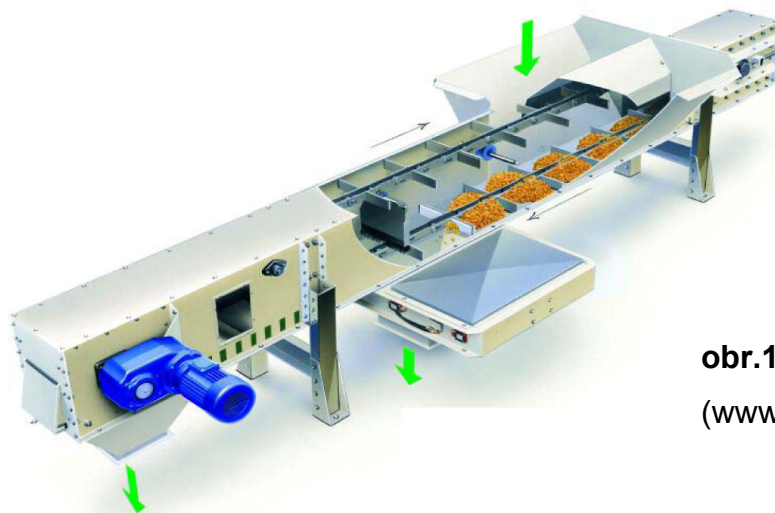
Hlavní dopravní zařízení pro vertikální dopravu. Musejí vykazovat vysokou stabilitu a bezpečnost provozu, zároveň také malou spotřebu energie v poměru k výkonu. Elevátor se skládá z těchto částí: hlava elevátoru, šachty elevátoru, spodní hlava elevátoru, pás elevátoru, korečka a elektromotor (viz. obr.9).

### 3.2.4.2 - REDLERY

Redlery jsou vodorovné, nebo nakloněné dopravní kanály kruhového nebo obdélníkového průřezu (viz obr.10), v nichž se pohybuje řetěz s postranními kovovými segmenty, které zajišťují dopravu materiálu. Řetěz je umístěn výš než segmenty, mezi dnem a řetězem tak nedochází k žádnému tření a tím se snižuje opotřebení jak řetězu, tak i dna. Zároveň je zaručena minimální hlučnost dopravníku.



**obr.9** – Korečkový elevátor  
(www.cimbria.com)

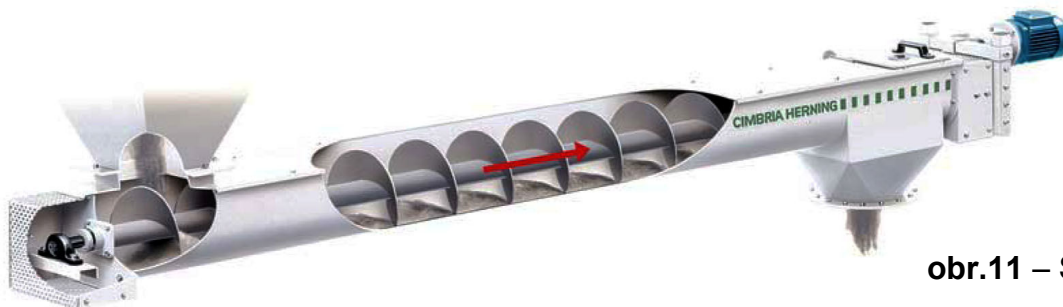


**obr.10** – Redler  
(www.cimbria.com)

### 3.2.4.3 - ŠNEKOVÉ DOPRAVNÍKY

Jsou trubkové, nebo žlabové (viz obr.11). skládají se ze žlabu (trubky), šroubové hřídele a pohonu. Jejich nevýhodou je, že při přepravě ječmene může docházet k poškozování zrn, na druhou stranu se dají použít i pro větší úhly naklonění.





**obr.11** – Šnekový  
dopravník  
([www.cimbria.com](http://www.cimbria.com))

#### **3.2.4.4 - PÁSOVÉ DOPRAVNÍKY**

Jedná se o šetrnou dopravu, protože nedochází k poškození ječmene. Používají se např. při vyskladňování sil, pro přepravu ječmene do Saladinových skříní, při čemž je dopravník nekrytý a ječmen je z něj shrnován “radlicí”. Mohou být opatřeny váhou.

#### **3.2.5 – ČIŠTĚNÍ A TŘÍDĚNÍ JEČMENE**

Čištění se provádí z důvodu zbavení přijmutého ječmene nečistot, prachových částí a nežádoucích příměsí.

Na třídění ječmene jsou kladeny velké nároky a třídícíky jsou pravidelně kontrolovány. Třídění ječmene se provádí do dvou tříd, podle velikosti zrn, aby se dosáhlo jednotného zpracování v průběhu celého technologického postupu výroby sladu.

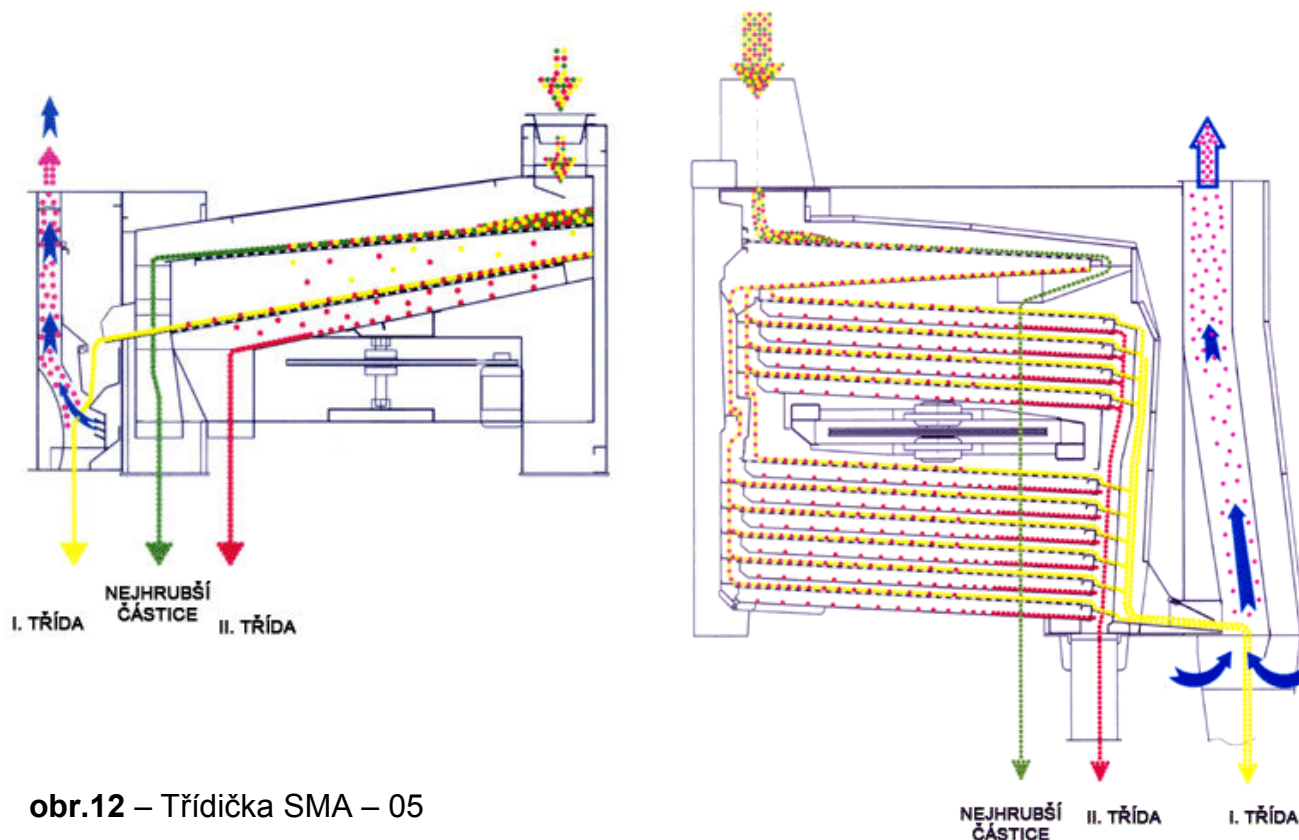
Jsou to uzavřené, robustní zařízení, s mírně se lišící konstrukcí. Mají vysokou kapacitu díky velkým plochám sít, dvojí prosévání vzduchem pro odstranění jemných částic (objem vzduchu je možno nastavit).

##### **3.2.5.1 - PŘEDČISTÍCÍ TŘÍDIČKA SCHMIDT-SEEGER TYP – SMA-05 (SMA-10, SMA-20)**

Díky svojí kapacitě a dělenému uspořádání je zvláště vhodná pro hrubé prosévání na vstupu. Prachové částice a lehké nečistoty jsou odstraněny proudem vzduchu. Může být doplněna o magnety pro separaci kovových příměsí (viz obr.12).

### 3.2.5.2 - ČISTIČKA A TŘÍDIČKA SCHMIDT-SEEGER TYP – TAS-210 (TAS-200)

Velkokapacitní řada čističek, vhodná pro použití ve sladovnách. Celková plocha sít 35 m<sup>2</sup>, roztřídění do 2 až 3 frakcí. Je vybavena jedním přípravným sítím, a 10 hlavními sítí. (viz obr.13)



**obr.12** – Třídíčka SMA – 05  
([www.schmidt-seeger.com](http://www.schmidt-seeger.com))

**obr.13** – Třídíčka TAS – 210  
([www.schmidt-seeger.com](http://www.schmidt-seeger.com))

### 3.2.5.3 – TRIERY

Triery slouží k odstranění plevelů a částí zničených zrn ječmene. Hlavní součástí je válec, který má na vnitřní straně důlky, do kterých se nežádoucí částice zachytávají. Ty jsou pak ve válci vyneseny nad osu válce a když vypadnou, jsou svedeny k transportnímu šneku.



### **3.2.6 – ODKLIČOVÁNÍ A ČIŠTĚNÍ SLADU**

Je to proces při němž se slad zbaví klíčků (sladového květu), poškozených zrn a prachu. Současně se dochladí a poté se uskladní do sladových sil nebo na sladové půdy.

#### **3.2.6.1 – ODKLIČOVAČKA SLADU**

Je to děrovaný válec, který zajišťuje odstranění klíčků (sladový květ) a jejich transport na další zpracování. Odstranění probíhá pomocí odkličovacích perutí, nebo upraveným šnekovým dopravníkem.

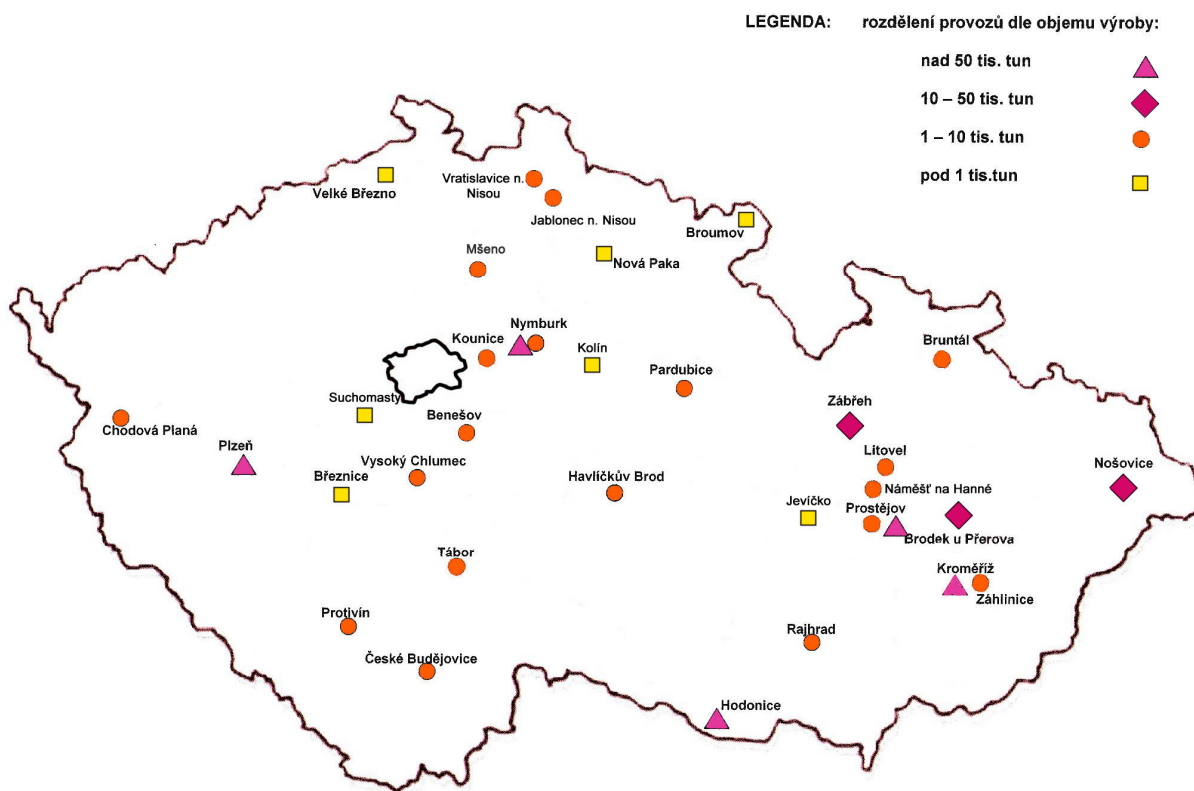
#### **3.2.6.2 – LEŠTIČKA SLADU**

Je tvořena dvěma třídícími síty, po nichž se pohybují kartáče, nejčastěji silonové, které zrna čistí a zároveň je posunují k výpadovému otvoru. Mezi síty prochází proud vzduchu z ventilátoru, který zbaví slad veškerého prachu. Takto vyčištěný a vyleštěný slad je přepraven do expedičních sil, kde se nechává ještě 4 – 6 týdnů dozrát.

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ PRÁCE A JEJICH VYHODNOCENÍ

### 4.1 – CHARAKTERISTIKA SLEDOVANÝCH ZARÍZENÍ

V současné době se v ČR nachází přibližně 40 sladoven. Některé z nich jsou samostatné obchodní společnosti vyrábějící slad pro české pivovary nebo na export (viz obr.14) a některé jsou součástí pivovarů. Největší podíl výroby zaujímá slad plzeňského typu (až 97%), dále se vyrábí slad mnichovský, karamelový a jiné, speciální nebo pšeničné slady a nebo sladové výtažky.



obr.14 – Mapa sladoven v ČR

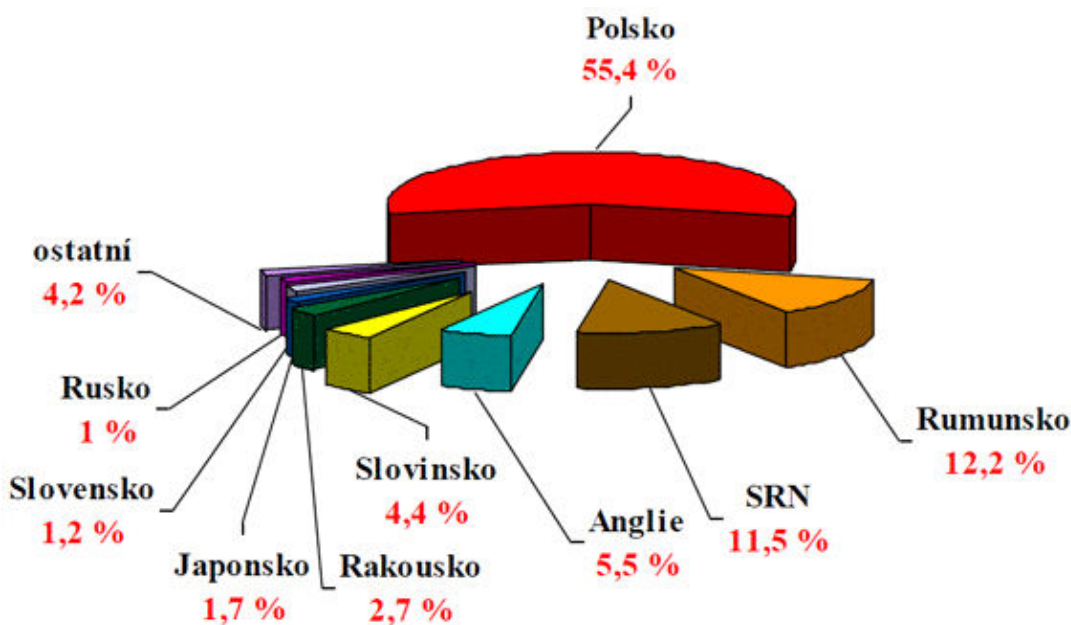
objem výroby [tis.t/rok]	počet sladoven v ČR
< 1	7
1 - 10	17
10 - 50	3
> 50	5

**tab.2** – Počet sladoven v ČR podle objemu výroby

## SVĚTLÝ PLZEŇSKÝ SLAD

Je základní surovina pro výrobu všech druhů piv, kromě pšeničných, zároveň je to jeden z nejkvalitnějších sladů. Vyrábí se z dvouřadého jarního ječmene, které mají nízký obsah bílkovin (do 11%).

Výroba tohoto sladu probíhá při kratším máčení (zrno má po domočení vlhkost 42 – 45%). Střelka zrna po klíčení nesmí přesahovat 2/3 zrna. Teploty při hvozdění se pohybují kolem 40 – 50°C po dobu předsoušení a poté je teplota zvýšena max. na 80 – 85°C pro dotažení sladu. Obsah vody v hotovém sladu je cca 4%.



**obr.15** – Export sladu v roce 2008

Dostupné z <<http://www.cspas.cz/pivo.asp?lang=1>>

Sladovny byly požádány o poskytnutí níže uvedených údajů, které byly následně převedeny do stejných jednotek a vztaženy na tunu vyrobeného sladu, eventuálně využity pro procentuální vyjádření.

**Sladovnamí poskytnuté údaje:**

1. Celková spotřeba energie
2. Spotřeba elektrické energie
3. Spotřeba tepla a druh paliva
4. Spotřeba vody a zdroj vody

**Použité přepočtové vztahy:**

1.  $1 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$
2.  $1 \text{ cal} = 4,187 \text{ J}$

Spotřeby energií v sobě obsahují i spotřeby netechnologických procesů, které však ve sladovnách nepřekračují 1,4% z celkového množství energetických vstupů. (Ing. Černý, Ing. Volf, 2009)

**Mezi netechnologické procesy patří:**

1. Samostatné správní, řídicí a sociální zázemí
2. Dílny, garáže
3. Vlastní ČOV, úpravna vody
4. Ostatní pomocná zařízení

---

## **4.2 – MÁČENÍ**

### **4.2.1 – VLIV POUŽITÉ TECHNOLOGIE**

Spotřeba vody v závislosti na technologii se může lišit o desítky procent, nejlépe vychází sprchové máčení, jehož nevýhodou je ovšem nedostatečné vyčištění ječmene. Zároveň je výhodné použití pračky (viz kap.:4.2.3.4), která může nahradit první máčení. V současné době je ve většině sladoven používán systém vzdušného máčení.

### **4.2.2 – VLIV POUŽITÉHO ZAŘÍZENÍ**

Máčírna může být přepouštěcí přečerpávací (viz. kap.: 3.2.1). Z hlediska spotřeby energie vychází přepouštěcí máčírna lépe, protože je zde využito samospádu pro přepouštění ječmene mezi náduvníky. Jedinou nevýhodou jsou větší nároky na statiku budovy.

Přečerpávací máčírna je max. dvoupatrová, takže nároky na statiku nejsou tak velké, o to větší je však zastavěná plocha. Nevýhodou jsou však náklady na čerpadla, kterými se zajišťuje manipulace, možnost poškození obilky a větší spotřeba vody (přídavná, pro manipulaci).

### **4.2.3 – MOŽNOSTI ÚSPOR**

Při máčení dochází ke spotřebě velkého množství vody, přičemž 70 – 90% odchází do odpadních vod. Cílem je proto vodu nejen recyklovat, ale také snížit její spotřebu použitou technologií.

Máčírna má být postavena v blízkosti ječmenných sil, aby doprava ječmene byla co nejkratší a měla by být umístěna tak, aby byla co nejméně závislá na teplotě venkovního vzduchu, tzn. aby v létě nedocházelo k ohřívání a v zimě v ní nebylo příliš chladno.

---

#### **4.2.3.1 – RECIRKULACE VODY**

Doplňkovým zařízením pro úpravu vody je možné použít to samé množství vody pro namáčení a propírání ječmene potřetí. Tím je možné odpovídající podíl čerstvé vody pro namočenou dávku ušetřit jednou až dvakrát a snížit tím hodnoty spotřeby vody na nejnižší možnou míru (fa Lausmann).

Zároveň je možné poslední máčecí vodu z máčírny využít pro přiklápění zeleného sladu v klíčících skříních.

Úspora vody při využití recirkulace může dosahovat až 67% z celkového množství spotřebované vody.

#### **4.2.3.2 – SUCHÁ VYMÁČKA**

Ječmen je po vypuštění vody dopravován do klíčících zařízení elevátory, gumovými pásy, šneky, redlery nebo jiným způsobem, podrobněji popsáním v kapitole 3.2.4, kde není potřeba použití vody jako nosného média pro ječmen.

Rozdíl celkové spotřeby vody pro máčení se suchou vymáčkou oproti spotřebě vody s mokrou vymáčkou může dosahovat až 62%.

#### **4.2.3.3 – MÁČENÍ JEČMENE DO VODY Z ČOV**

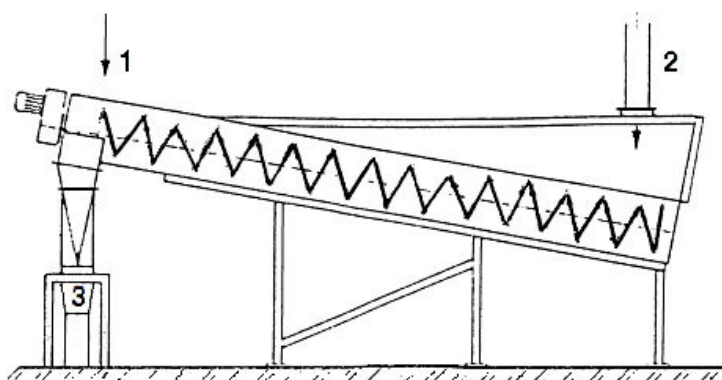
Pokud sladovna provozuje vlastní ČOV s dostatečnou účinností, je možné vodu zpětně ve sladovně použít. Sníží se tím jednak náklady na vodu a jednak také náklady na vypouštění vod do systému městské kanalizace. V tab.3 je vidět účinnost ČOV a předepsané limity pro vypouštění vody do kanalizace.

ukazatel	BSK <sub>5</sub> [g/l]	nerozpustné látky [g/l]
před ČOV	0,760	0,339
za ČOV	0,009	0,014
povolené	0,400	0,800
účinnost čištění [%]	98,8	95,8

**tab.3** – Znečištění vody a účinnost čištění

#### 4.2.3.4 - PRAČKA JEČMENE

Je zařízení vhodné pro intenzivní vyčištění ječmene a odstranění prachu a splavků. Její výhodou je nízká spotřeba vody (až 0,8 m<sup>3</sup>/t). Hlavní součástí je šikmo umístěný šnek, v němž se voda a ječmen pohybují proti sobě. Použitím pračky lze v technologickém postupu nahradit první máčení, protože vlhkost v zrně po vyprání dosahuje až 27% . Výsledná spotřeba vody se použitím pračky dá snížit o cca 40%.



1 – přívod čerstvé vody, 2 – přívod ječmene,  
3 – odvod vypraného ječmene

**obr.16** – Pračka ječmene

(Kunze, 2010)

### 4.2.3.5 – VODA Z VLASTNÍCH ZDROJŮ

Pro provoz sladovny je velice výhodné využívat vodu ze studní, která se ve většině případech nemusí dále upravovat, nebo vodu z říčních toků po předchozí úpravě.

Náklady za vodu z veřejné vodovodní sítě mohou být až desetinásobně vyšší než náklady na vodu ze studny.

#### Úprava říční vody:

1. **Lapače písků a tuků** – přidáním flokulantů a provzdušňováním se oddělí písek a tuky
2. **Usazovací nádrže** – usazování jemných nerozpuštěných látek (kal) a stírání plovoucích nečistot z povrchu nádrže
3. **Chemické čištění** – přidávkem roztoku NaOCl (chlornan sodný)

## 4.3 – KLÍČENÍ

### 4.3.1 – VYHODNOCENÍ PROCESU KLÍČENÍ

technologie	el. energie [kWh/t]	průměr
humna	24,3 - 246,5	83,3
klíčící skříně	78,2 - 202,0	118,1
lausmann	88,7 - 93,3	91,0
věžová sladovna	117,6	117,6

**tab.4** – Spotřeba elektrické energie v závislosti na technologii klíčení (Ing. Černý, Ing. Volf, 2009)



Nejnižší spotřeby el. energie je dosahováno na humnech. Je to z toho důvodu, že velká část mechanizace je zde nahrazena ruční prací. Pokud vezmeme v potaz pouze klíčidla kde proces probíhá za přispění automatizace, je jednoznačně nejúspornějším řešením systém Lausmann.

### 4.3.1.1 – KLASICKÁ KLÍČIDLA

#### HUMNOVÁ SLADOVNA

Humnová sladovna vyniká největším podílem lidské práce, což má za následek relativně nízké spotřeby el. energie, ale výkon na jednoho pracovníka je mnohem nižší než při použití automatizace. Nevýhodou jsou velké nároky na obestavěnou plochu.

Nastírání vymáčeného ječmene je prováděno ručně pomocí vymáčecích vozíků viz obr.5. Převrstvování může probíhat také ručně, pomocí „volgemutu“ viz. obr.17, anebo pomocí maltomobilů. Ke sběru zeleného sladu pak slouží tzv. „fasováky“, které zelený slad pomocí pásu s příčnými lištami vyzvednou z podlahy humen a umístí ho do dvoukoláků – „japonek“, kterými je dopraven na hvozď.



obr.17 – Volgemut

### 4.3.1.1 – PNEUMATICKÁ KLÍČIDLA

#### SALADINOVA SKŘÍŇ

Vyrovnávání zeleného sladu, převrstvování, ale i kypření zajišťuje šnekový obraceč, což je vlastně několik svisle umístěných šneků vedle sebe, připevněných k pojízdnému ramenu (viz obr.18). Převrstvování probíhá v celé hloubce vrstvy zeleného sladu najednou, což je náročné na spotřebu energie, která je zapotřebí k pohonu šneků. Chlazení a vlhčení klíčícího ječmene zajišťuje proudící vzduch, prostupující dnem lísky. Pod perforovaným dnem je umístěn výkonný ventilátor a trysky rozprašující studenou vodu.



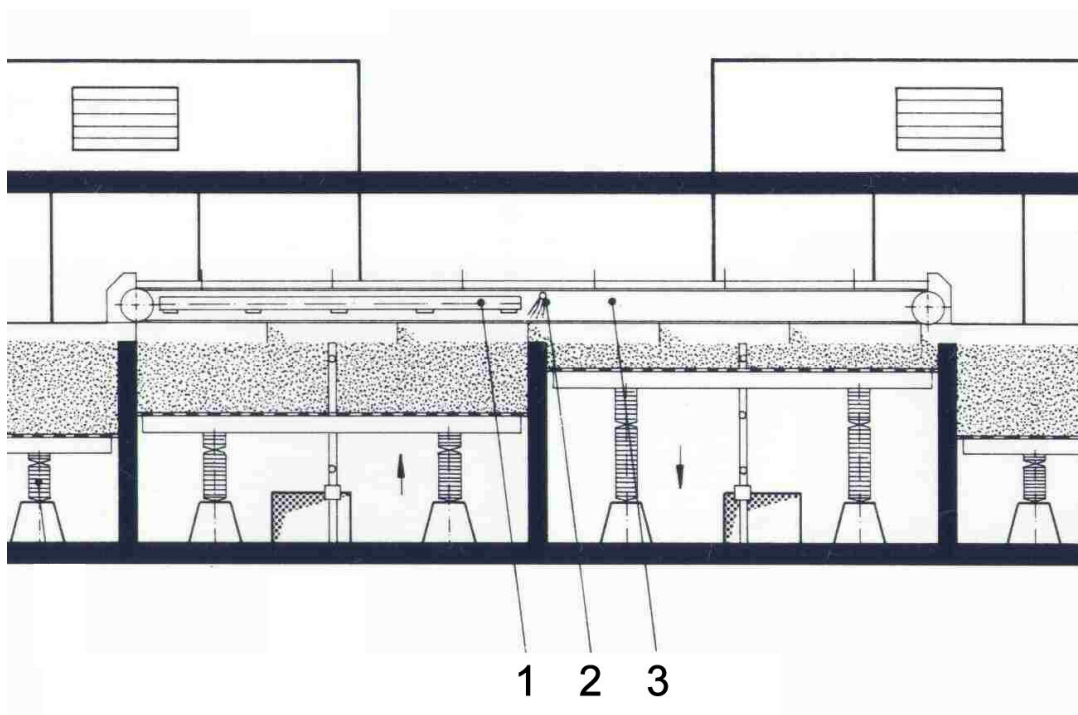
**obr.18** - Šnekový obraceč Saladinovy skříně  
([www.schmidt-seeger.com](http://www.schmidt-seeger.com))

### 4.3.1.2 – PŘEVRSŤOVACÍ KLÍČIDLA

#### SYSTÉM LAUSMANN

Rozdíl oproti klíčícím skříním je ten, že převrstvování a kypření nastíraného klíčícího sladu probíhá pomocí obraceče a pohyblivého dna lísek. Obraceč s obíhajícími vyprazdňovacími lopatkami zakrývá dvě denní pole a je pojízdný. Lísky jsou uloženy na mechanických vřetenových agregátech umožňující vertikální pohyb. Energetická náročnost je nižší než u klíčících skříní, protože při převrstvování je obracečem odhrnována vždy jen horní vrstva zeleného sladu. Vana, ze které je ječmen odebírán, se

konstantní rychlostí pohybuje směrem vzhůru a vana, na kterou je ječmen nastírán, směrem dolů. (viz obr.19)



**obr.19** – Lausmann – detail obraceče

1 – zvlhčování, 2 – sprchování, 3 – vozík obraceče (fa Lausmann)

#### **4.3.2 – MOŽNOSTI ÚSPOR**

Možností jak uspořit energii je převrstvovat klíčící ječmen v nočních hodinách kdy je venkovní teplota nižší, čímž se dosáhne úspora chladicí vody. Proveditelnost tohoto opatření závisí na použitém technologickém postupu a individuální potřebě klíčící hromady.

Další možností je zabudování uzavřeného chladicího systému do podlahy humen. Ječmen se tak nemusí chladit vodou z vrchu, kterou by dál nebylo možné využít, ale je pouze dokrápěn a chladí se podlahou.

## 4.4 – HVOZDĚNÍ

### 4.4.1 – VYHODNOCENÍ PROCESU HVOZDĚNÍ

Z tab.5 je patrné, že nejnevhodnější variantou pro hvozďení sladu jsou jednolískové hvozdy s průměrnou spotřebou tepla 6,2 GJ/t. Je to především díky zpětnému využívání tepla ve dvoulískových hvozdech a jednolískových hvozdech pracujících v tandemu.

technologie	spotřeba tepla GJ/t	průměr
jednolískové hvozdy	4,8 - 7,6	6,2
jednolískové hvozdy - tandem	2,2 - 3,0	2,7
vícélískové hvozdy	2,5 - 7,8	4,3

tab.5 – Spotřeba tepla pro jednotlivé hvozdy

Literární zdroje (Kunze, 2010) uvádějí pro jednolískové hvozdy spotřebu 5 - 6 GJ/t vyrobeného sladu a 4 – 5 GJ/t pro hvozdy dvoulískové.

### 4.4.2– MOŽNOSTI ÚSPOR

Vzhledem k tomu, že je hvozďení jednou z energeticky nejnáročnějších operací, jsou úsporná opatření velkým přínosem při snižování celkových nákladů na výrobu sladu. Možností se nabízí hned několik a získané úspory rozhodně nejsou zanedbatelné.

---

#### **4.4.2.1 – VÍCESTUPŇOVÝ PROCES SUŠENÍ**

Vícestupňový proces sušení už je dnes ve většině sladoven běžně používán. Je možné jej dosáhnout na vícelískových hvozdech, kde se na horní lísce předsouší vymáčený slad částečně ochlazeným vzduchem ze spodní lísky, kde probíhá dosoušení a dotahování sladu do finální podoby. Nebo se stejný princip použije pro jednolískové hvozdy pracující v tandemu, kde je vzduch transportován mezi jednotlivými lískami.

#### **4.4.2.2 – TEPELNÁ IZOLACE HVOZDŮ**

Protože tepelné ztráty v neizolovaných hvozdech mohou překročit až 10% celkově vynaložené energie, jsou veškeré nové nebo rekonstruované hvozdy z hlediska těchto ztrát důsledně odizolovány. (Ing. Černý, Ing. Volf, 2009)

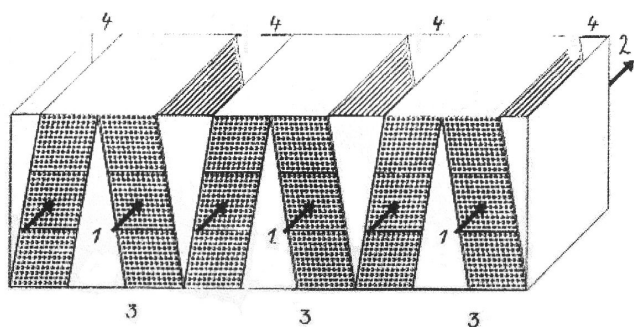
Zároveň se v současné době hvozdy projektují jako samostatně stojící budovy, protože přímá návaznost na klíčirnu, kde se teplota pohybuje cca 10 - 15°C, není vhodná.

#### **4.4.2.3 – PŘEDEHŘÍVÁNÍ VSTUPJÍCÍHO VZDUCHU**

Venkovní vzduch je nasáván přes rekuperátor, kudy je odváděn teplý vzduch z hvozdu, takto předehřátý vzduch je veden k následnému ohřevu na požadovanou teplotu hvozdní. Tepelný výměník je skleněný nebo nerezový. Pokud je vstupní otvor vzduchu umístěn daleko od výstupního, je možné použít systém kapalina-vzduch.

V zimě je možné vzduch vstupující do rekuperátoru ještě předehřívát pomocí trubkových vývodů teplého vzduchu před nasáváním (viz obr. 21).

Dosažitelná úspora energie je v tomto případě 30-35%.



**obr.20 vlevo** – Tepelný výměník na vstupu vzduchu do prostor hvozdů, 1 – vstupující vzduch, 2 – ohřátý vzduch, 3 – teplý vzduch z hvozdů, 4 – ochlazený odcházející vzduch (Kunze, 2010)

**obr.21 vpravo** – Trubkové vývody před nasáváním vzduchu

#### 4.4.2.4 – VYUŽITÍ TEPLA SPALIN

Toto je možné využít v provozech využívající jako palivo plyn. Jedná se v podstatě o stejné technické řešení tepelného výměníku jako v případě využití odcházejícího vzduchu z lísek. Do prostoru kudy jsou spaliny odváděny se nainstaluje tepelný výměník, který teplo odvádí zpět.

#### 4.4.2.5 – ZÍSKÁVÁNÍ ODPADNÍHO TEPLA Z ODCHÁZEJÍCÍHO VZDUCHU

Smíchávání odcházejícího vzduchu s čerstvým již od počátku hvozdění je především u jednolískových hvozdů jednoduché a investičně nenáročné. Tento způsob sice zvyšuje potřebu vzduchu pro hvozdění, ale snižuje tepelnou náročnost. Největší tepelné úspory vznikají při nízkých teplotách vstupujícího vzduchu. (Kosař a Procházka, 2003)



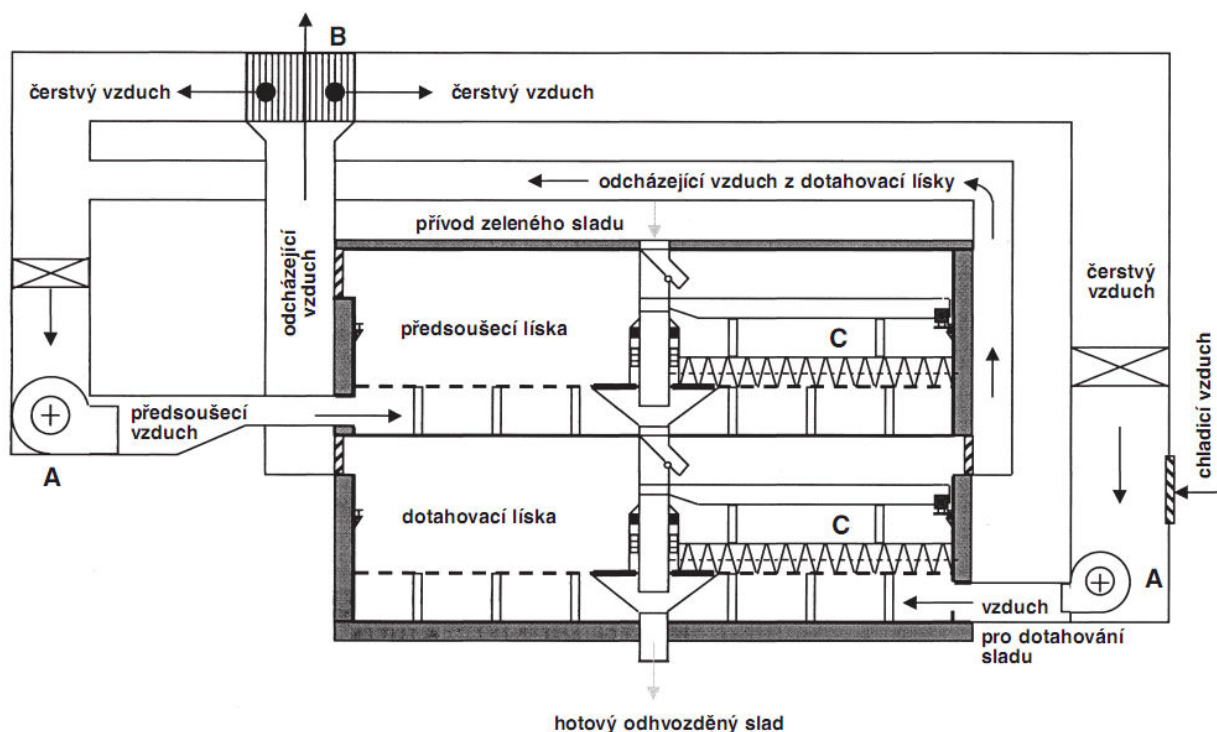
teplota venkovního vzduchu [°C]	cílová teplota [°C]	úspora [%]
10	20	5
5	20	7
0	20	10
-10	20	16

**tab.6** – úspory energie dle venkovního vzduchu

(Kosař a Procházka, 2003)

**obr.22** – Recirkulace vzduchu

(Kosař a Procházka, 2003)



*Zelený slad je trvale nastírán na horní líska a po předsušení je přemístěn na spodní líska, kde je dotažen A – ventilátor hvozdu, B – tepelný výměník hvozdu, C – zařízení pro nastření zeleného sladu a pro vyskladnění hotového sladu*

Pro toto řešení je nutno mít automatické nastavování zpětné klapky i přesné a spolehlivé měření teploty a vlhkosti vstupujícího i odcházejícího vzduchu spolu s dostatečně výkonným ventilátorem. Další podmínkou je, že ve smíchaném vzduchu nebude docházet ke kondenzaci vody, nebo se bude volit takové technické řešení, které zabraňuje úletu kapiček kondenzující vody do lisky hvozdu. U dvoulískových hvozdů je nutný necirkulační kanál. (Kosař a Procházka, 2003)

---

#### **4.4.2.6 – AUTOMATIZOVANÉ NASTÍRÁNÍ HVOZDŮ**

Pokud je nastírání a sběr sladu prováděn pouze pomocí automatizace, není potřeba hvozdu ochlazovat na teplotu při níž mohou probíhat manuální práce. Sníží se tak tepelné ztráty a hvozdu může pracovat kontinuálně.

#### **4.4.2.7 – ZÍSKÁVÁNÍ TEPLA Z PROCESU KLÍČENÍ**

Umístěním kondenzátorů do systému chlazení klíčících skříní je možné částečně využít teplo vznikající při klíčení. Kondenzátory jsou umístěny v přívodu čerstvého vzduchu do hvozdu, který se zde předeřívá. Nevýhodou je to, že chlazení skříní nepracuje nepřetržitě a že je zde potřeba výkonného ventilátoru. Úspory energie potřebné k předsušení sladu se pohybují od 0% do 60%. (Kosař a Procházka, 2003)

#### **4.4.2.8 – TEPELNÁ ČERPADLA**

Využíváním tepelného čerpadla je možné dosáhnout až 50% úspory tepla pro hvozdnění. Nevýhodou jsou velké pořizovací náklady. (Kosař a Procházka, 2003)

#### **4.4.2.9 – KOGENERAČNÍ JEDNOTKY**

Při výrobě elektrické energie spalováním tradičních paliv vzniká teplo, které je běžně odváděno jako odpadní a není využíváno. Principem kogenerace je toto teplo využít pro kombinovanou výrobu el. energie a tepla. Využitelnost energie obsažené v palivu pro výrobu el. energie se pohybuje kolem 30-35% [cit. 2010 – 02 – 04]. Dostupné z <<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elektriny-a-tepla>>



---

Kogenerační jednotka se skládá jednak z motoru nebo spalovací turbíny s připojením na generátor, který vyrábí el. energii a jednak ze spalovacího kotle, který vyrábí teplo ve formě páry nebo teplé vody.

Ve srovnání s oddělenou výrobou el. energie a tepla, uspoří kogenerační jednotky při stejném výkonu až 40% potřebné primární energie. (fa Buderus)

Kogenerační jednotku je možné v kombinaci s tepelným čerpadlem nebo výměníkem použít jako náhradu za plynové hořáky používané pro ohřev sušícího vzduchu hvozdu. Kromě úspor nákladů na energii dochází i k výraznému snížení emisí škodlivin.

## **4.5 – OSTATNÍ MOŽNOSTI ÚSPOR**

### **4.5.1 – ÚSPORNÁ OPATŘENÍ PŘI SANITACI**

Úspory které je možné získat inovacemi a opatřeními při sanitaci závodu, nemají pro podnik významný ekonomický přínos, ale vzhledem k poměrně nízké pořizovací ceně se nad nimi vyplatí uvažovat.

#### **SANITACE VE SLADOVNÁCH**

1. Mechanické odstranění hrubých nečistot
2. Tlaková voda – odstranění ulpěných zbytků
3. Sanitace pracovních ploch alkalickým prostředkem
4. Oplach čistou nezávadnou vodou
5. Nanesení dezinfekčního prostředku

---

#### **4.5.1.1 – POUŽITÍ ROZPRAŠOVACÍCH A UZAVÍRATELNÝCH TRYSEK**

Vybavením hadic koncovkami se jednak zamezí vypouštění vody před zahájením a po ukončení vlastního sanitačního procesu, ale také sníží spotřeba vody díky mísení se vzduchem.

#### **4.5.1.2 – VYSOKOTLAKÉ MYTÍ**

Použitím vysokotlakého mytí silně znečištěných povrchů můžeme docílit úspory množství použité vody. Zařízení vytváří tenký paprsek vody, který snadno nečistoty odstraní. Zároveň je možné ho použít i ve špatně přístupných částech sladovny. (Ing. Černý, Ing. Volf, 2009)

### **4.5.2 – OSTATNÍ MOŽNÉ ÚSPORY**

#### **4.5.2.1 – PRODEJ VEDLEJŠÍCH PRODUKTŮ**

Vedlejší produkty výroby je možné dále využívat ke zkrmení. Sladový květ se také používá například v droždárnách. Je možné je nabízet sypké, pytlované nebo granulované. Přínosem je možný zisk z prodeje, ale také snížení znečištění odpadních vod. Mezi vedlejší produkty patří:

##### **Sladový květ**

Jsou to kořínky zrn které se získají odkličováním hotového sladu. Obsahuje velké množství dusíkatých látek, bílkovin, minerálních látek, vitamínů a enzymů

##### **Splavky**

Pluchy a různé druhy nečistot, které se z ječmene oddělí při máčení. K odchyťování splavek slouží splavkovací buben.

## Zadina

Jsou to zrna menší než 2,2 mm, získává se při třídění ječmene, objem zadiny z přijatého ječmene je závislý na kvalitě ročníku.

## Poškozená zrna

Jsou obsažena jak v přijmutém ječmenu, tak v hotovém sladu. Vznikají při manipulaci s ječmenem. Při třídění ječmene propadnou nejmenším sítem a jsou součástí zadiny.

vedlejší produkt	z objemu ječmene [kg/t]	z objemu sladu [kg/t]	[%]
sladový květ	-	37	3,7
splavky (odpad)	-	14	1,4
zadina a kousky zrn	31	-	3,1
prach	3	0,2	0,3

**tab.7** – Objem vedlejších produktů a prachu v ječmenu a hotovém sladu (Kosař, 2003 a Ing. Černý, Ing. Volf, 2009)

### 4.5.2.2 – SPALOVÁNÍ SLADOVÝCH ODPADŮ

Hlavním odpadem při výrobě sladu je prach. Ten je možné zachytávat na rukávových filtrech a následně peletovat nebo granulovat. Následným spalováním se získá další zdroj tepla a docílí se částečných úspor nákladů na paliva.

V současné době je na území ČR přibližně 13% podniků, které prach spalují.

### 4.5.2.3 – OPTIMALIZACE DOPRAVNÍCH CEST

Vhodným řešením dopravních cest je možné se vyhnout zbytečným výrobním nákladům. Cesty by měly vhodně navazovat na jednotlivé technologické celky a měly by být dimenzovány v závislosti na předpokládaný objem výroby. Je proto nezbytné toto opatření řešit již ve fázi projekce podniku.

## 4.5 – MOŽNOSTI ÚSPOR ENERGIÍ V ZÁVODECH RŮZNÝCH VELIKOSTÍ

Pokud porovnáme spotřeby el. energie, tepla a vody bez ohledu na použité technologie a technické zařízení, pak je vliv objemu výroby zcela zřetelný.

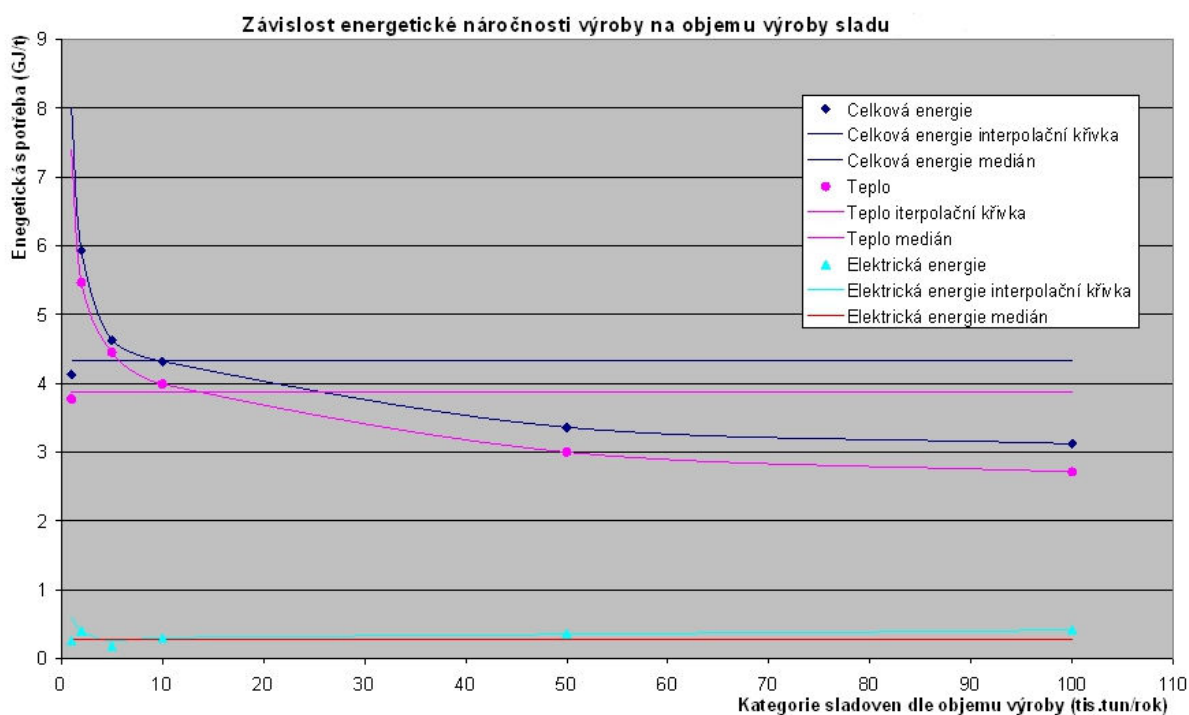
Všeobecně platí, že výrob ve velkém poskytuje lepší podmínky pro snižování ztrát a zvýšení efektivity procesů. Další nezanedbatelnou výhodou velkovýroby je možnost úplné návaznosti technologických procesů a celoroční provoz, bez nutnosti přestávek v teplém letním období. Lze zde tedy s úspěchem zpětně využít odpadního tepla a procesní vody.

výroba [tis.t/rok]	teplo [GJ/t]	el. energie [kWh/t]	voda [m <sup>3</sup> /t]
< 1	3,8	70,5	4,3
1 - 2	5,5	112,2	8,5
2 - 5	4,4	50,6	7,9
5 - 10	3,8	82,0	6,9
10 - 50	3,0	100,1	5,3
> 50	2,7	113,5	5,8

**tab.8** – Závislost spotřeby energií na objemu výroby

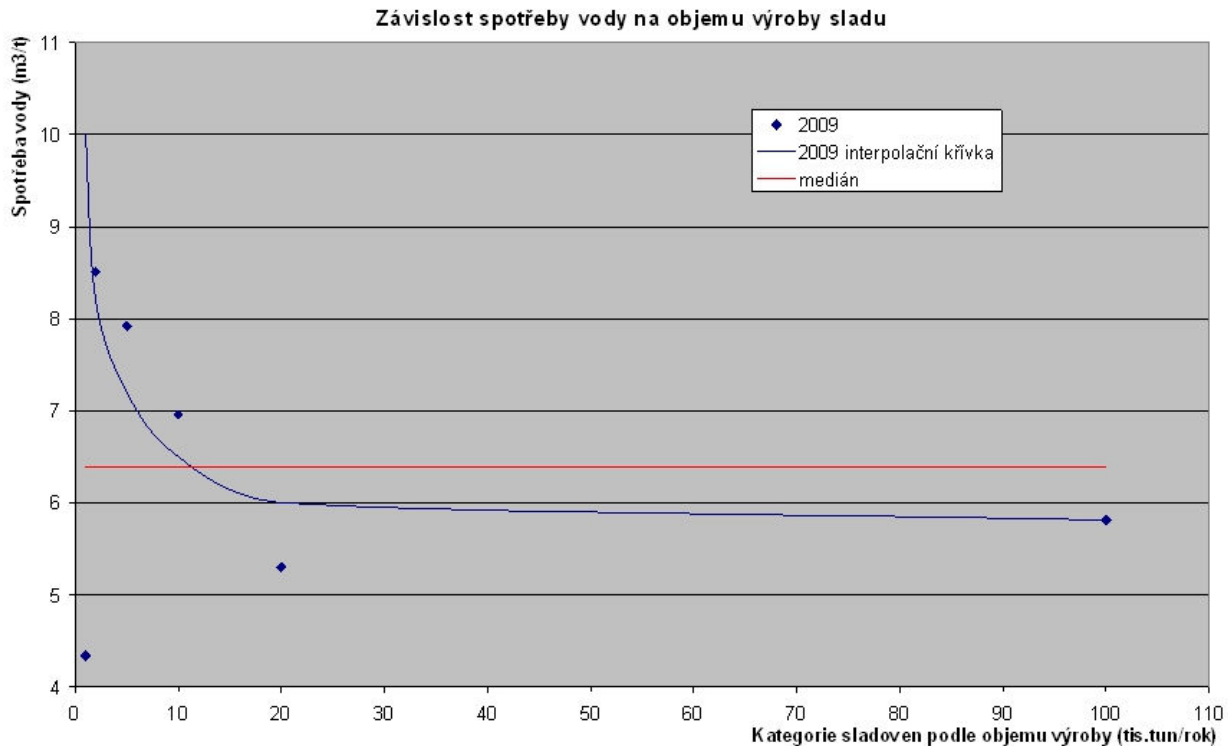
Je překvapivé že u sladoven s nejnižším ročním objemem výroby je spotřeba vody daleko nižší nežli u větších závodů. Možným vysvětlením této skutečnosti může být, že v nejmenších sladovnách s objemem výroby do 1 tisíce tun se spotřeba vody pečlivě sleduje a obsluha s ní šetří.

Obdobný trend je i u spotřeby tepla a elektrické energie. Z tohoto důvodu nejsou nejmenší sladovny zahrnuty do grafů 1 a 2.



**graf 1** – Závislost spotřeby energií na objemu výroby

(Ing. Černý, Ing. Volf, 2009)



**graf 2** – Závislost spotřeby vody na objemu výroby  
(Ing. Černý, Ing. Volf, 2009)

---

## 5 ZÁVĚR

Trend snižování spotřeb energií, optimalizace technologických procesů a možnost využívání alternativních zdrojů je v našich výrobních závodech již delší dobu velmi aktuální a zasahuje samozřejmě i do sladařského průmyslu. Cílem všech společností, zabývajících se výrobou sladu, je jednak snížení spotřeb vstupních surovin, energetické náročnosti při zachování stávající jakosti vyráběného sladu.

Některé z navrhovaných řešení jsou investičně náročné, nebo je třeba s nimi počítat již ve fázi návrhu provozu sladovny, ale jsou zde uvedeny i takové, které se dají s úspěchem využít pro všechny podniky. Nezanedbatelným přínosem všech navrhovaných opatření je současně i ekologický dopad, např. snížení znečištění odpadních vod, vzduchu nebo další využívání odpadního tepla.

Rozsah úspor vzniklý na základě realizace úsporných opatření je v této situaci velmi obtížné hodnotit, nicméně reálným předpokladem je 5 – 10%, v některých případech i více.

## 6 POUŽITÁ LITERATURA

ČERNÝ, L., VOLF, P., 2009. *Porovnání směrných hodnot ukazatelů referenčního dokumentu BREF*. Dostupné z <http://eagri.cz/public/web/mze/potraviny/ippc/zpravy-studie-k-vyrobnim-cinnostem/tps-kategorie-6-4/porovnan-smernych-hodnot-bref-s.html>

HLAVÁČEK, F. a LHOTSKÝ, 1972. A. *Pivovarství*. Státní nakladatelství technické literatury

KOSAŘ, K., PROCHÁZKA, S. a kolektiv. 2003. *Technologie výroby sladu a piva*. Výzkumný ústav pivovarský a sladařský. 398 s.

KUNZE, W., 2010. *Technology Brewing and Malting*. VLB Berlin. 1100 p.

POLEŠOVSKÝ, J., HRUBÍŠEK, L., HANÁK, A., *Zařízení pro mechanisaci prací na humnech ve sladovnách*, Úřad pro patenty a vynálezy, patentový spis, 113031a, 15.12.1964. Dostupné z <http://spisy.upv.cz/Patents/FullDocuments/113/113031.pdf>

Buderus, Kogenerační jednotky na zemní plyn [online]. 25.3.2011. Dostupné z [http://www.buderus.cz/admin/dokumentace/1533\\_KJ\\_katalog\\_2010.pdf](http://www.buderus.cz/admin/dokumentace/1533_KJ_katalog_2010.pdf)

ČESKÝ SVAZ PIVOVARSKÝ A SLADAŘSKÝ, *Pivovarství a sladařství v českých zemích* [online]. 26.3.2010. Dostupné z <http://www.cspas.cz/pivo.asp?lang=1>



EkoWATT, *Kogenerace – kombinovaná výroba elektřiny a tepla*. 27.3.2011 [online].

Dostupné z

<http://www.ekowatt.cz/cz/informace/uspory-energie/kombinovana-vyroba-elekriny-a-tepla>

PROKEŠ, J., Hvozďení [online]. 27.3.2011. Dostupné z

<http://www.pivovarskaskola.cz/pdf/06pjHvozdeni.pdf>

<http://www.cimbria.com/>

<http://www.schmidt-seeger.com/>

<http://www.slad.cz/>

---

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<b>obr.1</b> – Máčírna s náduvníky pod sebou	[5]
<b>obr.2</b> – Náduvník s kónickým dnem	[7]
<b>obr.3</b> – Náduvník s plochým dnem – žiraklér	[8]
<b>obr.4</b> – Maltomobil	[10]
<b>obr.5</b> – Vymáčecí vozík plněný maltomobilem	[11]
<b>obr.6</b> – Posuvná hromada	[12]
<b>obr.7</b> - Saladinova skříň	[13]
<b>obr.8</b> – Věžová sladovna	[14]
<b>obr.9</b> – Korečkový elevátor	[16]
<b>obr.10</b> – Redler	[16]
<b>obr.11</b> – Šnekový dopravník	[17]
<b>obr.12</b> – Třídíčka SMA – 05	[18]
<b>obr.13</b> – Třídíčka TAS – 210	[18]
<b>obr.14</b> – Mapa sladoven v ČR	[20]
<b>obr.15</b> – Export sladu v roce 2008	[21]
<b>obr.16</b> – Pračka ječmene	[25]
<b>obr.17</b> – Volgemut	[27]
<b>obr.18</b> - Šnekový obraceč Saladinovy skříně	[28]
<b>obr.19</b> – Lausmann – detail obraceče	[29]
<b>obr.20</b> – Tepelný výměník na vstupu vzduchu do prostor hvozdu	[32]
<b>obr.21</b> – Trubkové vývody před nasáváním vzduchu	[32]
<b>obr.22</b> – Recirkulace vzduchu	[33]
<b>graf 1</b> – Závislost spotřeby energií na objemu výroby	[39]
<b>graf 2</b> – Závislost spotřeby vody na objemu výroby	[40]

## SEZNAM TABULEK

<b>tab.1</b> – Poměr elektrické energie pro jednotlivé technologické procesy	[4]
<b>tab.2</b> – Počet sladoven v ČR podle objemu výroby	[21]
<b>tab.3</b> – Znečištění vody a účinnost čištění	[25]
<b>tab.4</b> – Spotřeba elektrické energie v závislosti na technologii klíčení	[26]
<b>tab.5</b> – Spotřeba tepla pro jednotlivé hvozdy	[30]
<b>tab.6</b> – úspory energie dle venkovního vzduchu	[33]
<b>tab.7</b> – Objem vedlejších produktů a prachu v ječmenu a hotovém sladu	[37]
<b>tab.8</b> – Závislost spotřeby energií na objemu výroby	[38]

## **7 PŘÍLOHY**

**Příloha 1** – Sladovna

**Příloha 2** – Systém Lausmann

**Příloha 3** – Jednolískový hvozď

**Příloha 4** – Dvoulískový hvozď