

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Brigita JERAM

**NOVE TEHNOLOGIJE SUŠENJA OREHOV**  
**(*Juglans regia* L.)**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Brigita JERAM

**NOVE TEHNOLOGIJE SUŠENJA OREHOV (*Juglans regia* L.)**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**NEW TECHNOLOGIES FOR WALNUT (*Juglans regia* L.) DRYING**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2013

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega strokovnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Katedri za fitomrdicino, kmetijsko tehniko, poljedelstvo, pašništvo in travništvo Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Sušenje orehov je bilo izvedeno v Virmašah pri Škofji Loki.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Rajka BERNIKA in recenzentko diplomskega dela prof. dr. Metko HUDINA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Franc BATIČ  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Rajko BERNIK  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: prof. dr. Metka HUDINA  
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisana se strinjam z objavo svojega dela v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je delo, ki sem ga oddala v elektronski obliki, identično tiskani verziji.

Brigita JERAM

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 634.51:631.3 (043.2)
KG	oreh/ <i>Juglans regia</i> /sušenje orehov/sušilnice/tehnologije sušenja
AV	JERAM, Brigita
SA	BERNIK, Rajko (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2013
IN	NOVE TEHNOLOGIJE SUŠENJA OREHOV ( <i>Juglans regia</i> L.)
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	X, 35, [1] str., 6 pregl., 26 sl., 29 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Namen diplomskega dela je bil ugotoviti razlike pri sušenju orehov s celo in orehov s počeno luščino z dovajanjem zraka iz ventilatorja za eno uro. Jedrea orehov s počeno luščino zanemarljivo vplivajo na kakovost orehovitih jedrc. Rezultati fizikalnih merjenj so pokazali, da se orehi s počeno luščino v prvih štirih dneh sušijo počasneje od orehov s celo luščino. Nato pa se začnejo orehi s počeno luščino sušiti hitreje in na koncu sušenja so razlike očitne. Prav tako smo opazili razlike, ki so vidne v tem, da se počeni orehi, sušeni z zrakom iz okolice, najbolj posušijo. Najmanj suhi pa so bili celi orehi, sušeni z dovajanjem zraka iz ventilatorja. Počeni naravno sušeni orehi so imeli 2,8 % manjšo maso od celih naravno sušenih orehov. Počeni orehi in celi orehi, sušeni z dovajanjem zraka, so se razlikovali za 1,6 %. Počeni naravno sušeni orehi so bili za 1,74 % bolj suhi od počenih orehov, ki smo jim dovajali zrak. Naravno sušeni celi orehi so bili 0,59 % bolj suhi od celih orehov, ki smo jim dovajali zrak. Naravno sušeni počeni orehi so imeli najmanjši odstotek sušine, to je 85,63 % in 12,25 % vode v orehovi luščini. Naravno sušeni celi orehi so imeli največji odstotek sušine, 87,75 %, in 14,37 % vode.

#### KEY DOCUMENTATION INFORMATION

DN Dn  
DC UDC 634.51:631.3 (043.2)  
CX nuts/*Juglans regia*/ nuts drying/drying machines/drying technologies  
AU JERAM, Brigita  
AA BERNIK, Rajko (mentor)  
PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101  
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy  
PY 2013  
TI NEW TECHNOLOGIES FOR WALNUT DRYING (*Juglans regia* L.)  
DT Graduation Thesis (Higher Professional Studies)  
NO X, 35, [1] p., 6 tab., 26 fig., 29 ref.  
LA sl  
AL sl/en  
AB The aim of the graduation thesis was to determine the differences between drying nuts with a whole husk and nuts with a cracked husk by supplying air from the fan for an hour. Nut kernels of cracked nuts have a negligible impact on the quality of the kernels. The results of physical measurements have shown that the nuts with the cracked husk are drying more slowly than the nuts with the whole husk in the first four days. Then, the nuts with the cracked husk start to dry faster and at the end of drying, the differences are obvious. We have also noticed that nuts with the cracked husk dry best when dried with ambient air. The least dry were nuts with the whole husk which were dried by supplying air from the fan. Naturally dried cracked nuts had a 2.8 % reduction in weight compared to naturally dry whole nuts. Cracked nuts and whole nuts dried with supplying air from the fan differed by 1.6 %. Cracked naturally dried nuts were 1.74 % drier than the cracked nuts that were dried by supplying air. Naturally dried whole nuts were 0.59 % drier than whole nuts that were dried by supplying air. Naturally dried cracked nuts had the lowest percentage of dry matter 85.63 % and 12.25 % of water in the nut husk. Naturally dried whole nuts had the highest percentage of dry matter 87.75 %, and 14.37 % water.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key words documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Okrajšave in simboli	X
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
1.1 VZROK ZA RAZISKAVO	1
1.2 NAMEN IN HIPOTEZE	1
<b>2 PREGLED OBJAV</b>	<b>3</b>
2.1 IZVOR OREHA	3
2.2 BOTANIČNA RAZVRSTITEV OREHA	4
2.3 LETNI RAZVOJNI CIKLUS PLODA	5
2.4 SPRAVILO OREHOV IN PRIPRAVA NA SUŠENJE	6
2.5 SUŠENJE	7
<b>2.5.1 Sestava in lastnosti zraka</b>	<b>7</b>
<b>2.5.2 Mollierov h, x diagram</b>	<b>8</b>
<b>2.5.3 Sušenje sušilnega zraka</b>	<b>9</b>
2.6 VENTILATORJI	9
<b>2.6.1 Zračni pretok</b>	<b>10</b>
2.7 ENERGETSKI VIR	11
<b>2.7.1 Sončna energija</b>	<b>11</b>
2.8 NAČINI SUŠENJA	12
<b>2.8.1 Naravno, klasičen način</b>	<b>12</b>
<b>2.8.2 Tehnično, v sušilnicah z dovajanjem toplega zraka</b>	<b>13</b>
2.9 DELITEV SUŠILNIC GLEDE NA NAČIN IZDELAVE	13
2.10 VRSTE SUŠILNIC	14
<b>2.10.1 Sušilnica za sadje (šiunca, pajštva)</b>	<b>14</b>
<b>2.10.2 Etažna sušilnica</b>	<b>16</b>
<b>2.10.3 Sušilnica z radialnim ventilatorjem</b>	<b>16</b>
<b>2.10.4 Sušilnica z vrtečim bobnom</b>	<b>17</b>
<b>2.10.5 Sušilnik orehov</b>	<b>17</b>
<b>2.10.6 Sušilnica z dvojnim dnom</b>	<b>18</b>
<b>2.10.7 Paletni zabojniki</b>	<b>19</b>
2.11 NAČINI SUŠENJA	19
2.12 POSTOPEK SUŠENJA	20
2.13 KONTROLA SUŠENJA	21

<b>2.13.1</b>	<b>Kontrola opreme</b>	21
<b>2.13.2</b>	<b>Kontrola orehov</b>	21
<b>2.14</b>	<b>DROBLJENJE IN SKLADIŠČENJE OREHOV</b>	22
<b>3</b>	<b>MATERIAL IN METODE DELA</b>	23
<b>3.1</b>	<b>KRAJ IN ČAS PREIZKUSA</b>	23
<b>3.2</b>	<b>MATERIAL</b>	23
<b>3.3</b>	<b>METODE DELA</b>	24
<b>3.3.1</b>	<b>Nabiranje in priprava orehov</b>	24
<b>3.3.2</b>	<b>Sušenje orehov</b>	25
<b>3.3.3</b>	<b>Meritve vsebnosti odstotka vode in suhe snovi</b>	25
<b>4</b>	<b>REZULTATI MERITEV</b>	26
<b>4.1</b>	<b>TEHTANJE OREHOV</b>	26
<b>4.2</b>	<b>MERITVE SUŠINE</b>	29
<b>5</b>	<b>RAZPRAVA IN SKLEPI</b>	31
<b>5.1</b>	<b>RAZPRAVA</b>	31
<b>5.2</b>	<b>SKLEPI</b>	32
<b>6</b>	<b>POVZETEK</b>	33
<b>7</b>	<b>VIRI</b>	34
	<b>ZAHVALA</b>	

## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Prikaz porabe energije pri sušenju določene mase orehov (Solar, 2000)	20
Preglednica 2: Podane vrednosti povprečnih meritev treh ponovitev poskusa	26
Preglednica 3: Sprememba mase orehov med sušenjem 1000 g orehov	27
Preglednica 4: Odstotek sušine in vode v orehih, 6. 10. 2011	29
Preglednica 5: Odstotek sušine in vode v orehih, 14. 10. 2011	30
Preglednica 6: Odstotek sušine in vode v orehih, 17. 10. 2011	30



## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Navadni oreh (Mumford, 1901)	4
Slika 2: Razvoj ploda pri orehu (Solar, 1995)	5
Slika 3: Mollierov diagram za vlažen zrak	8
Slika 4: Najpogostejše vrste ventilatorjev: levo osni (aksialni) in desno radialni ventilator (Gorišek, 2004)	10
Slika 5: Sušilnica z izrabo sončne energije podjetja SolarWall®	12
Slika 6: Ohranjene fotografije etnološkega muzeja: "Brč" , v katerem pod streho sušijo orehe in lešnike (levo), sušenje večjih količin orehov v platojih na soncu (desno) (Slovenski ..., 2013)	13
Slika 7: Sušilnica za sadje in tloris sušilnice (Kolenc, 2009)	15
Slika 8: Notranjost sušilnice - primer pletene in mizarsko izdelane lese (Kolenc, 2009)	15
Slika 9: Primer etažne sušilnice (Pliberšek, 2001)	16
Slika 10: Suhe orehe spraznemo skozi spodnjo loputo (levo). Zunanost sušilnice (na sredini). Notranjost sušilnice (desno) pri Ivanu Jarcu	17
Slika 11: Bobenska sušilnica, ki jo je skonstruiral Ivan Jarc (Pliberšek, 2001)	17
Slika 12: Sušilnik orehov (foto: Jeram)	18
Slika 13: Sušilnica z dvojnimi dnom (Solar, 2000b)	18
Slika 14: Zunanost in notranjost sušilnice, ki ima 30° kot. V tujini jim pravijo stadion sušilnice (Thompson in sod., 2010)	19
Slika 15: Paletni zabojniki (Solar, 2000b; Thompson in sod., 2010)	19
Slika 16: Diagram odvisnosti vlažnosti od časa (Fellows, 1988)	21
Slika 17: Presušeni orehi na dnu zabojnika (foto: Jeram)	22
Slika 18: Preizkusna sušilnica (Bernik in sod., 2007)	23

Slika 19: Sušilna površina (Bernik in sod., 2007)	24
Slika 20: Orehi razporejeni na sušilnici (foto: Jeram)	24
Slika 21: Grafični prikaz sušenja celih in počenih orehov	26
Slika 22: Masa naravno in prisilno sušenih počenih orehov	27
Slika 23: Masa prisilno sušenih celih in počenih orehov	28
Slika 25: Masa naravno sušenih in prisilno sušenih celih orehov	28
Slika 26: Masa naravno sušenih celih in počenih orehov	29

## OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

tem.	temperatura
h.	entalpija (kJ/kg)
$x_1$	začetna masa vode v gramih
$x_2$	končna masa vode v gramih
$\Delta x$	količina odvzete vode sušenemu materialu na kg dovedenega zraka
T povp.	povprečna temperatura zraka na višini 2 m (°C)
T max. abs.	absolutna maksimalna temperatura zraka na višini 2 m (°C)
T min. abs.	absolutna minimalna temperatura zraka na višini 2 m (°C)
T min. 5 abs.	absolutna maksimalna temperatura zraka na višini 5 cm (°C)
<X>	povprečje
<XX>	povprečje povprečja
pH- tal	kislota tal
MAX.	maksimalna
MIN.	minimalna
SRE.	srednja
PON.	ponovitev
$\varphi$	relativna zračna vlaga
teh.	tehnološko

## 1 UVOD

### 1.1 VZROK ZA RAZISKAVO

Oreh (*Juglans regia* L.) je tradicionalna sadna vrsta in je že od nekdaj stalni spremljevalec slovenskih kmetij. Pridelovali so ga na sejancih, pridelek pa je bil namenjen predvsem samooskrbi kmetij. Odbirali so najboljše plodove in iz njih vzgojili sejance, vendar takšni orehi počasi rastejo, na pridelek pa je potrebno čakati 10 do 15 let. Od obdobja petdesetih let prejšnjega stoletja, ko so začeli nasajati nove sorte, se je hektarski pridelek orehov povečal iz 1200 ton na 3100 ton. Cepljeni orehi zarodijo že v tretjem letu in dajo večje pridelke. Njihovi plodovi imajo tanko luščino ter večja in lažje ločljiva jedrca. Žal pa je večina dreves sejancev v ekstenzivnih nasadih na dvoriščih in v drevoredih. Glavna slabost pridelovanja oreha je sorazmerno dolga mladostna (nerodna) doba. Po drugi strani oreh odlikuje izredno dolga življenjska doba ter dodatni ekonomski učinki zaradi izredno kvalitetnega lesa po krčenju nasada.

Oreh ima izredno široko uporabno vrednost. Gojimo ga predvsem zaradi jedrc, ki so bogata z maščobami, beljakovinami, ogljikovimi hidrati in rudninskimi snovmi, kot so na primer jod ter vitamini A, B, C in E. Cenjen je v proizvodnji zdravil, kozmetičnih sredstvih, lesni in tekstilni industriji.

Orehi iz sodobnih nasadov so kakovostno tržno blago; povpraševanje je večje od ponudbe, zato se nasadi iz leta v leto večajo. Kot navaja Heric (2010) imamo trenutno okrog 220 hektarjev nasadov žlahtnih orehov, ki so v povprečju veliki 1,1 ha, največji pa je velik 8 ha. S pridelavo orehov se ukvarjajo kot dopolnilno dejavnostjo na kmetiji, upoštevajo načela integrirane ali ekološke pridelave. Na trgovskih policah lahko kupimo uvožene orehe, medtem ko slovenski pridelovalci svoje orehe prodajajo na tržnicah. Prodajo jih brez težav, po solidni ceni v nekaj mesecih po obiranju.

Sušenje orehov je eden izmed izredno pomembnih postopkov v procesu pridelovanja orehov. S pravilnim postopkom sušenja zagotovimo dolgo uporabnost plodov in tako preprečimo, da bi se jedrca kasneje kvarila.

### 1.2 NAMEN IN HIPOTEZE

Namen diplomskega dela je bil ugotoviti razlike pri sušenju orehov s celo in orehov s počeno luščino z dovajanjem hladnega zraka. Ocenjujemo, da bi bile razlike med njimi od 10 in 15 %. Neposušene orehe smo počili s kladivom. Jedrca z večjo vsebnostjo vlage niso tako občutljiva na lomljenje, zato lahko pričakujemo več celih jedrc. Suhi orehi niso tako prožni pri drobljenju, zato je odstotek celih jedrc manjši.

V raziskavi bomo zmanjšali toplotni tok zraka in sušili orehe s hladnim zrakom. S tem bi prispevala k zmanjšanju stroškov sušenja orehov. Posledično pa se nam lahko podaljša čas sušenja.

## 2 PREGLED OBJAV

### 2.1 IZVOR OREHA

Oreh (*Juglans regia* L.) je stara sadna vrsta, kar potrjujejo najstarejša arheološka najdišča. Domnevajo, da najverjetneje izvira s Kitajske (Stančević, 1975) oziroma izpod Himalajskega gorovja. Od tu se je v stoletjih razširil v Indijo, nato Perzijo, Grčijo in druge mediteranske dežele (Sancin, 1988) zaradi lahkega transporta, dobrih skladiščnih sposobnosti in biološke vrednosti plodov.

Cenili so ga že starodavni narodi. Prvi zapisi, ki so jih našli na lončenih tablicah, pričajo, da so orehe gojili na Visečih vrtovih v Babilonu kakih 2000 let pred našim štetjem. Poleg tega je bil omenjen tudi v Hamurabijevem zakoniku. V hebrejski mitologiji velja oreh za prepovedan rajski sadež. V Evropi so ga prvi gojili Grki in ga stregli kot sladico skupaj s suhim sadjem, z njim krepili moč slabotnih in onemoglih, uporabljali so ga v kozmetične namene, bil je tudi hrana bogov. V grški mitologiji se je v oreh spremenila Artemida Karijatis (Orehovka), ki je imela ljubezensko razmerje z Dionizom. Rimska mitologija pripisuje oreh Jupitru in njegovi ženi Junoni, ki skrbita za zakon in plodnost. Za Rimljane je oreh v lupini predstavljal podobo maternice z zarodkom. Sedanje latinsko poimenovanje *Juglans* oziroma *Jovis glans* pomeni Jupitrov želod. Krščanstvo je oreh postavilo na stran pekla, hudiča in čarovništva (Slapšak, 2008).

Iz Italije se je potem oreh razširil na območje današnje Francije, Španije, Portugalske in južne Nemčije (Solar, 2000a). Do 16. stoletja se je razširil vse do Anglije. Z odkritjem Amerike so ga tja zanesli kolonisti, kjer so ga poimenovali angleški oreh, da so ga ločili od domorodnega ameriškega oreha. Drevesa, ki so zrastle iz teh semen, so dala okroglaste, drobne plodove z zelo trdno luščino (Solar, 2000a). Mnoge sorte teh orehov so propadle, ohranila se je le sorta 'Hansen', ki je imela zelo dobre lastnosti, kot so odpornost na nizke temperature, velika rodnost in kakovostni plodovi. Za gojenje v komercialne namene so leta 1938 oreh iz Poljske prenesli v Ameriko in Kanado, kjer so šele leta 1950 začeli delati na selekciji (Solar, 1995).

Fosilni ostanki flore iz časov mlajšega oligocena do sredine pliocena potrjujejo, da se oreh na našem ozemlju nahaja že od nekdaj, zaradi česar se še ne ve, ali je oreh pri nas avtohton ali je k nam prinešen (Bulatović, 1985). Danes raste v Evropi vse do Skandinavije, v Severni, Srednji in Južni Ameriki, Avstraliji, v vzhodni Aziji, severni Indiji ter na Kitajskem (Štampar in sodelavci, 2005).

Skupni pridelek petnajstletnega povprečja v obdobju od 1980 do 1995 je v svetu znašal nekaj več kot 800 000 ton. Največ so ga pridelali v Evropi (približno 250 t) in Aziji (okoli 250 t). Petnajst let kasneje so po statističnih podatkih, ki jih navaja FAO (FAO, 2013), leta 2008 od celotne količine pridelanih orehov vodilni v pridelavi na Kitajskem (828 635 t). Ostale pomembne države pri pridelavi so ZDA (395 530 t), Turčija (170 897 t), Iran (170

000 t), Ukrajina (79 170 t), Mehika (69 620 t), Indija (37 000 t), Francija (36 591 t), Romunija (32 259 t) in Egipt (27 000 t).

## 2.2 BOTANIČNA RAZVRSTITEV OREHA

Navadni oreh botanično razvrstimo v družino orehovke (*Juglandaceae*). Družina je razdeljena na dve poddružini. *Juglandoidae* imajo dva rodova: *Juglans* in *Carya* (pekan in hikori). Razlikujemo ju po tem, da ima prvi skulpturiran plod, ki se ne odpira, drugi pa gladek plod, ki se odpira. *Oreomunneoidae* imajo pet rodov: *Pterocarya*, *Platycarya*, *Engelhardia*, *Alfaroa* in *Oreomunnea*. Poddružini razlikujemo po plodovih, ki so pri prvi sočni koščičasti, pri drugi pa krilati oreški (Solar, 1992; Navadni oreh, 2013).

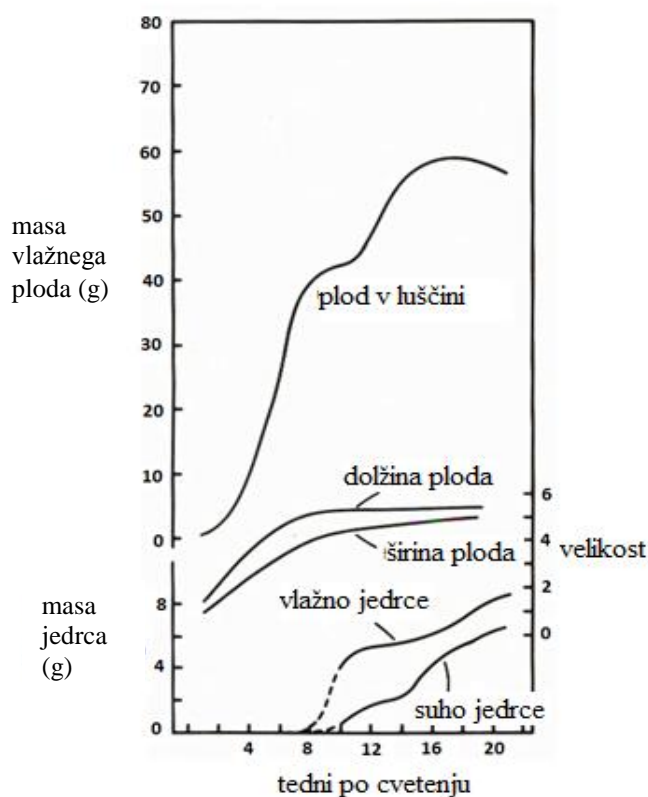
Najbolj je razširjen rod *Juglans* z glavnim predstavnikom vrste *Juglans regia* L. Navadni oreh poimenujejo tudi perzijski, grški in angleški oreh. Manjši pomen predstavljata *Juglans nigra* L. (črni oreh) in *Juglans cinerea* L. (ameriški oreh).



Slika 1: Navadni oreh (Mumford, 1901)

### 2.3 LETNI RAZVOJNI CIKLUS PLODA

Vremenske razmere močno vplivajo na razvoj oreha. Običajno se začne opazno razvijati v aprilu, pozne sorte šele v maju. Je enodomna rastlina z ločenimi moškimi in ženskimi cvetovi, ki so enospolni. Iz mešanih brstov požene mladika z dvema do petimi listi in šele nato se pokažejo ženski cvetovi po 2, 3 do 6 skupaj, kar pa je odvisno od sorte. Cvetovi so goli, brez čašnih in venčnih lističev (Sancin, 1988). Plodnica je sestavljena iz dveh plodničnih listov in ima dve brazdi, ki sta perjasto razširjeni, da lažje lovita pelod. Moške cvetove sestavljajo zelene rese (mačice), dolge tudi do 20 cm, ki se razvijejo v pazduhah lanskoletnih listov in navadno zacvetijo pred ženskimi (protandrija). Izjemoma pa ženski cvetovi zacvetijo pred moškimi (protaginija). V intenzivne nasade poleg glavne sorte (85 do 90 %) sadimo še opraševalne sorte (10 do 15 %), ki cvetijo približno hkrati. Opraševanje opravi veter. V dveh do štirih dneh po oprašitvi sledi oploditev jajčne celice. Veliko padavin v juniju pospešuje rast in povečuje velikost ploda. Plod v osmih tednih zraste v svojo končno velikost. Med osmim in desetim tednom postopoma oleseni luščina, začne se intenzivni razvoj jedrca. V avgustu se debelita jedrce in zunanja zelena lupina. Teden do dva pred zorenjem je skupna masa ploda največja, nato pa se zaradi sušenja zelene lupine zmanjšuje. Oreh običajno dozori devetnajst do dvajset tednov po cvetenju, ko dozori jedrce, jedrne pregrade začnejo leseneti in rjaveti med polovičkama, in ko počasi zelena lupina, iz katere izpade plod v luščini (Solar, 1995).



Slika 2: Razvoj ploda pri orehu (Solar, 1995)



Orehi spadajo v skupini lupinastega sadja med sočne koščičaste plodove. Orehovo jedrce ali seme se razvije iz dveh kotiledonov, ki sta med seboj ločena s primarno pregrado. Jedrce predstavlja užitni del orehovega ploda, ki ga obdaja olesenela luščina ali endokarp. Sestavljena je iz dveh simetričnih polovic, ki sta zrasli s šivom. Zunanji ovoj oreha (mezokarp) predstavlja zelena lupina, ki se razvije iz zunanjih sten plodnice. Na notranji steni zelene lupine se nahaja mrežica prevodnih tkiv. Debelina zelene lupine je sortna lastnost in znaša pred zorenjem od 3 do 5 mm (Solar, 1992).

## 2.4 SPRAVILO OREHOV IN PRIPRAVA NA SUŠENJE

V Sloveniji zorijo orehi od sredine septembra do konca oktobra, odvisno od območja, sorte in vremenskih razmer. Oreh je tehnološko zrel, ko dozori jedrce, jedrne pregrade začnejo leseneti in rjaveti med polovičkama, in ko počni zelena lupina, iz katere izpade plod v luščini. Optimalno zrelost doseže, če hkrati dozori jedrce in zelena lupina (Solar, 1995). Plodovi oreha dozorevajo postopoma, na kar vplivajo vremenske razmere in lega plodov v krošnji. Najprej popokajo lupine na obodu in vrhu krošnje, potem pa še v notranjosti. Tako je dozorevanje orehov ene sorte raztegnjeno na en do dva tedna. V velikih plantažah orehov opravijo prvo spravilo, ko je zrelih 80 % plodov, drugo pa, ko dozori še preostali del (Solar, 1995).

Spravilo orehov se izvaja ročno ali strojno. V Sloveniji vse orehe pobere ročno. Vsakodnevno pobiramo orehe, ki padejo na zatravljeno površino. Na tri dni pa pobiramo orehe, ki ležijo na čistih tleh, tretiranih s herbicidi. Pripomočki, ki jih potrebujemo, so: pletene košare, plastična vedra ali različne vreče in kavelj za stresanje vej, ki je obdan z gumo ali debelim blagom. Pri pobiranju si lahko pomagamo tudi s tresenjem, orehov pa nikoli ne klatimo z dreves, ker lahko s palicami poškodujemo les in brste, hkrati pa sklatimo tudi nedozorele orehe v še zaprti lupini, ki jo je kasneje zelo težko odstraniti. V nasadih orehe iz košar stresemo v večje lesene zaboje. Delo si lahko olajšamo tako, da pod drevesa položimo oz. napnemo ponjave ali plastificirane mreže, na katere padejo zreli orehi. Po nekaj dneh ponjave dvignemo, orehe stresemo v zaboje in odpeljemo iz nasada. Tak način spravila je razširjen povsod, kjer orehe pridelujejo tradicionalno, bodisi na majhnih površinah, ki gospodarsko ne prenesejo nakupa strojne linije, bodisi na strmejših zemljiščih, kjer strojno spravilo tehnično ni izvedljivo (Solar, 1995).

Za strojno spravilo se največkrat uporablja tresilec, ki se oklene debla in v nekaj sekundah strese celo drevo. Možno je tudi stresanje posameznih vej. Orehe, ki padejo na tla, zgrabijo v vrste in jih posesajo direktno na traktorsko prikolico. Investicijski stroški take strojne linije so zelo veliki. Privoščijo si jo lahko samo največji pridelovalci orehov. Tak način spraviljanja je razširjen v ZDA in Franciji ter v nekaterih sodobnih nasadih v Španiji, na Portugalskem, Madžarskem in v Bolgariji (Solar, 1995).

Pobrane orehe takoj pripravimo za sušenje. S tem preprečimo plesnenje luščine (neuzitni plodovi) in potemnenje jedrc. Umazane orehe lahko pred sušenjem na hitro speremo z močnim curkom vode. Paziti moramo, da voda ne prodre do jedrca. S pranjem odstranimo poleg ostankov zemlje in drugih nečistoč tudi nervaturo in posamezne dele zelene lupine.

Orehe lahko pred sušenjem tudi belimo. Za beljenje orehov uporabljamo raztopino klorovega apna in sode. Beliti smemo le orehe z nepoškodovano trdno spojeno luščino. Belilo prizadene okus jedrc, ki so mu bila izpostavljena. Postopek lahko traja do ene minute, potem pa orehe ponovno speremo s čisto vodo. Ta dva postopka se uporabljata predvsem takrat, ko se orehi prodajajo celi v luščini (Solar, 1995).

Pranju, beljenju in spiranju sledi sušenje. Zreli orehi vsebujejo od 35 – 5 % vode. Orehe začnemo sušiti še isti dan, ko so bili pobrani. Z dehidracijo dosežemo stabilno maso plodov (preprečimo, da bi se jedrca kasneje kvarila, plesnela in potemnela), dosežemo obstojnost belilnega sredstva in zagotovimo dolgo uporabnost plodov (Solar, 1995).

## 2.5 SUŠENJE

Odvzem vode ali dehidracija se izvaja na tehnološko ali fiziološko zrelih plodovih ali njihovih delih. Tehnološki postopki so določeni glede na lastnosti vrste plodov, ki jih sušimo. Zahtevke o kakovosti urejajo predpisi, ki določajo količino vode v suhih plodovih. Tako velja, da imajo orehova jedrca največ 8 % vlage, celi orehi v luščini pa 12 % vlage. Sušenje je eden izmed najstarejših načinov konzerviranja in podaljšanja obstojnosti živil. Je izredno pomemben v procesu pridelovanja orehov. S pravilnim postopkom sušenja orehov, zagotovimo optimalen rok trajanja jedrc in tako preprečimo, da bi se jedrca kasneje kvarila. Z zmanjšanjem odstotka vlage preprečimo življenje mnogim mikroorganizmom, kot so bakterije, glive in kvasovke.

Sušenje je operacija, pri kateri iz mokrih trdnih snovi odstranjujemo hlapno kapljevino z odhlapljanjem ali z odparjanjem. Orehe sušimo z metodo odhlapljanja, ki poteka z nenasičeno vlažnim zrakom. Temperatura vlažne snovi je manjša od vrelišča vode. Hlapljenje je posledica razlike med parnim tlakom vode v snovi in parcialnim tlakom vode v plinu, ki obdaja snov. Z zmanjšanjem odstotka vlage v živilu se poveča odstotek suhe snovi, ki jo predstavljajo maščobe, beljakovine, ogljikovi hidrati in minerali (pepel) (Kadivec, 2005).

### 2.5.1 Sestava in lastnosti zraka

Zrak spada med pline, ki ga sestavlja 78 % dušika, 21 % kisika in 1 % drugih plinov. Takemu zraku rečemo suhi zrak. Normalni zrak pa je sestavljen iz suhega zraka in določene količine vodnih par, ki odgovarja določenim razmeram (Novak, 2008).

Absolutna vlažnost zraka je definirana z razmerjem med maso vodne pare in maso suhega zraka. Absolutna vlažnost zraka je pri različnih temperaturah vedno enaka, kar pomeni, da temperatura nima nobenega vpliva (Novak, 2008).

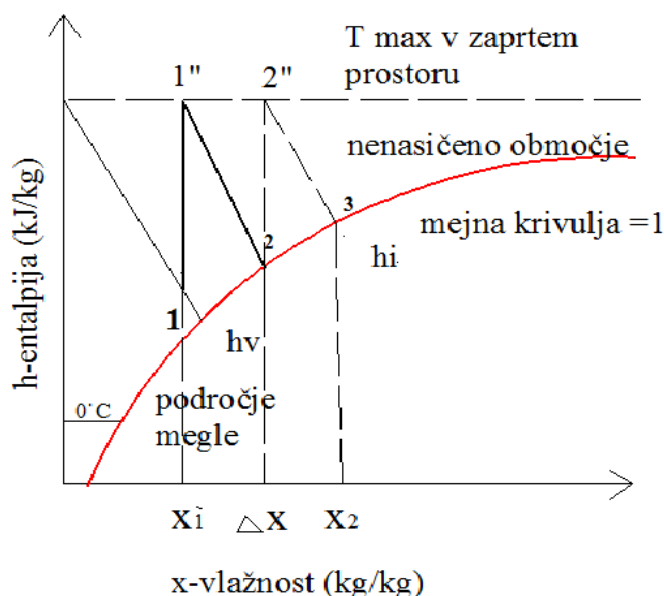
S temperaturo se spreminja relativna zračna vlaga, katera izraža stopnjo nasičenosti zraka z vodno paro. Od nasičenosti zraka z vodno paro je odvisna tudi hitrost sušenja. To pomeni, da pri majhni relativni zračni vlagi poteka proces sušenja hitro, pri 100 % relativni zračni vlagi pa je proces sušenja nemogoč, saj zrak ne sprejema več vodnih par; v določenih razmerah pride celo do navlaževanja (Novak, 2008).

Na potek sušenja odločilno vplivajo:

- razmere v okolici in površini vlažne snovi,
- razmere v notranjosti vlažne snovi.

### 2.5.2 Mollierov h, x diagram

Za določanje stanja vlažnega zraka se uporablja Mollierov diagram – h, x. Diagram prikazuje veličine pri stalnem tlaku, običajno  $10^5$  Pa (1 bar). Pri stalnem tlaku je entalpija funkcija temperature in nasičenosti zraka. **Entalpija** je termodinamična količina, ki je sestavljena iz notranje energije in produkta tlaka s prostornino telesa. V diagramu imamo izoterme – temperature, ki so premice in se lomijo na **rosilni krivulji** ( $\varphi = 1$ ), ki loči nenasičen in nasičen zrak. Sama rosilna krivulja pa podaja stanje nasičenega zraka. Nad mejno krivuljo imamo krivulje enake relativne vlažnosti ( $\varphi = \text{konstanta}$ ). Pri določevanju stanja v diagramu je potrebno poznati temperaturo zraka in njegovo relativno vlažnost, katera se meri s higrometrom – vlagomer (Bernik, 2008).



Slika 3: Mollierov diagram za vlažen zrak

Vlažni snovi, ki ima v sebi določeno količino vode, je treba zmanjšati to količino vode do zaželene vrednosti. Sušilni zrak (zunanji) ima vstopno vlažnost  $x_1$  in vstopno specifično entalpijo  $h_v$  (stanje 1). Segrevamo ga po izohigri ( $x = \text{konstanta}$ ) do najvišje dovoljene temperature, ki je pri sušenju orehov  $40\text{ }^\circ\text{C}$ . Segret zrak pri pretoku skozi sušilni material v sušilnici sprejema vlago, ki izhlapeva iz vlažne snovi, in se hladi do stanja 2. V nadaljevanju sušenje večkrat ponavljamo do izstopne specifične entalpije  $h_i$  in izstopne vlažnosti  $x_2$ .

$$\Delta x = x_2 - x_1$$

...(1)

### 2.5.3 Sušenje sušilnega zraka

Za uspešno in hitro sušenje moramo dovajati v sušilnico primerno segret in čim bolj suh zrak, ki mora pravilno krožiti. Topel suh zrak sprejme več vlage, kot pa hladen in/ali vlažen. Pomembno je tudi odvajanje presežne vlage z zračnim tokom, ki iztopa iz sušilnice.

V **odprtih sistemih** se uporablja zrak, ki ga iz okolja sušilnice zajemamo in ga v celoti ali delno vodimo preko ogrevanih sistemov v sušilni prostor. Na ta način zamenjamo zrak v sušilnem prostoru. Zrak, ki se nahaja v okolici sušilnice, ima različne vlažnosti in temperature, zato mu glede na zunanje pogoje s segrevanjem znižamo relativno zračno vlago in povečamo njegovo možnost sprejemanja vodnih par iz orehov. Pri delni ali celotni zamenjavi sušilnega zraka v sušilnem prostoru izgublamo energijo, zato je to eden od energetsko zelo potratnih načinov sušenja, kar se pozna pri stroških sušenja.

**Zaprti sistem** predstavlja energetsko učinkovitejši sistem, saj operiramo izključno z zrakom v sušilnici. Zrak na izstopni strani ohladimo, tako da se izloči en del vodnih par v obliki kondenzata, ki izteče iz sušilnice, ohlajen zrak pa zopet segrejemo in mu tako znižamo relativno zračno vlago. Vodimo ga v sušilni prostor, kjer je spet sposoben sprejemati vodno paro (Novak, 2008).

## 2.6 VENTILATORJI

Hitrost zraka je eden od parametrov, ki definira hitrost sušenja. Pomembno je, da je hitrost zraka optimalna. Prilagojena mora biti predvsem materialu, ki ga sušimo, da je poraba energije gospodarna in čas sušenja kratek. Zagotoviti moramo enakomerno hitrost v vseh delih sušilne komore, kar je pogoj za enakomerno sušenje. Toplega zraka ne smemo vpihovati direktno z oljnimi gorilci, ker dobi sušilni material vonj po nafti. Hitrost zraka običajno povečamo z ventilatorji, ki jih delimo na aksialne in radialne.

Aksialni ventilatorji delujejo kot propelerji, kar pomeni, da se zrak giblje v smeri pogonske osi. Za dober aksialni ventilator je pomembno, da ima ustrezne radialno-aksialne ležaje in pravilno obliko lopat, ki zagotavljajo dobre izkoristke in manjšo porabo energije.

Radialni ventilatorji delujejo tako, da vrteči rotor v smeri radia tlači plin v spiralno ohišje. Primeren je za manjše količine in višje tlake (Novak, 2008).

Povečanje zračnega pretoka zmanjša čas sušenja, posledično pa se poveča poraba energije. Podvojitvev zračnega pretoka zmanjša čas sušenja za približno tretjino.

Zračni pretok lahko povečamo:

- če povečamo hitrost ventilatorja do maksimalne obremenitve, ki jo priporoča proizvajalec;
- zmanjšamo število zabojev pri sušenju;
- znižamo nivo orehov v zaboju.



Slika 4: Najpogostejše vrste ventilatorjev: levo osni (aksialni) in desno radialni ventilator (Gorišek, 2004)

### 2.6.1 Zračni pretok

Zračni pretok omogoča obnavljanje zraka, ki je nasičen z vodno paro. Biti mora dovolj velik, da gre skozi orehe. Pretok zraka od 1300 do 2000 (2500) m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> za 1 m visoko plast orehov – odvisno od načina sušenja, predstavlja ustrezno ravnotežje med zmogljivostjo sušenja in stroški. Podvojitvev pretoka zraka zmanjša čas sušenja za tretjino. Vendar pa povečanje pretoka zraka povzroči večjo porabo energije na tono suhih orehov (Grant in Thompson, 1990).

Shahbazi in Rajabipor (2003) sta ugotovila, kakšen vpliv na sušenje imata debelina sušeče plasti in velikost orehov na zračni pretok. Drobni orehi so v sušeči plasti razporejeni bolj gosto od debelih orehov, to pomeni, da je med drobnimi orehi manj zračnega prostora kot med debelimi orehi. Pri večji gostoti je večji padec tlaka in s tem manjši pretok zraka. Obratno je pri majhni gostoti, kjer je majhen padec tlaka in večji pretok zraka. Pri sušenju različno velikih orehov sta ugotovila, da je padec tlaka nekje vmes (Kadivec, 2005).

Debelina sušečega sloja ima prav tako vpliv na pretok zraka. Shahbazi in Rajabipor (2003) sta ugotovila: višja je debelina, večji je padec tlaka. Merila sta padec tlaka pri naslednjih debelinah sloja orehov: 25, 50, 75 in 100 cm. Meritve so pokazale največji padec tlaka pri debelini 100 cm, sledita debelini 75 in 50 cm, najmanjši padec tlaka pa sta izmerila pri debelini 25 cm. Pojav razlagata tako, da se zaradi naraščanja debeline sloja daljša pot zračnega toka, s tem pa narašča tudi trenje med orehi in zrakom (Kadivec, 2005).

## 2.7 ENERGETSKI VIR

Običajno za ogrevanje uporabljamo elektriko, trda goriva (drva), olje in plin propan.

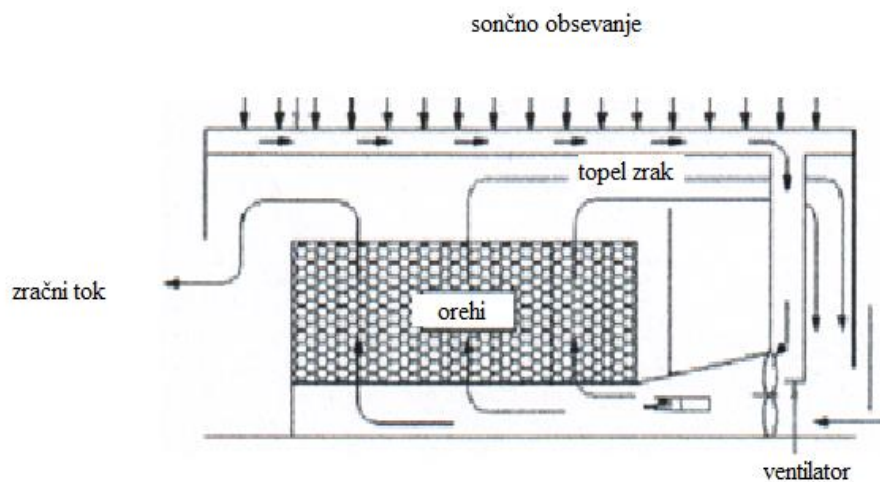
Moč sušilnice je odvisna od zračnega pretoka zraka (Solar, 2000b):

- za zračni pretok  $1500 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  je potrebna moč sušilnice  $10 \text{ kW}/\text{m}^2$ ,
- za zračni pretok  $2000 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  je potrebna moč sušilnice  $13 \text{ kW}/\text{m}^2$ ,
- za zračni pretok  $2500 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  je potrebna moč sušilnice  $17 \text{ kW}/\text{m}^2$ .

### 2.7.1 Sončna energija

V tujini (ZDA, Kalifornija, Španija, Francija) se uveljavlja tudi solarno sušenje orehov. Ker se orehi posušijo pri relativno nizki temperaturi  $40 \text{ }^\circ\text{C}$ , je izraba sončne energije idealen vir. Sušilna sezona orehov se začne septembra in zaključi oktobra. SolarWall® sistem je nameščen na  $300 \text{ m}^2$  veliki strehi in je tako izpodrinil veliko porabo zemeljskega plina.

Černe (2011) je raziskoval možnosti solarnega sušenja v Sloveniji. Čas obsevanja s sončno energijo je najdaljši v obdobju od začetka maja do konca septembra. Tudi mesec oktober je nekoliko ugodnejši glede na zimske dneve, vendar se že opazi krajšanje dneva. Odstopanja se opazi tudi po posameznih lokacijah, saj je čas obsevanja daljši na Primorskem, vzhodu v osrednji Sloveniji in na koncu - na Gorenjskem. Pri globalnem sončnem obsevanju največ energije pade na primorski del z okolico, malo manj energije pa je možno zajeti na Dolenjskem in Gorenjskem. V povprečju imamo na leto  $1300 \text{ kWh}/\text{m}^2$  sončnega obsevanja.



Slika 5: Sušilnica z izrabo sončne energije podjetja SolarWall®

## 2.8 NAČINI SUŠENJA

### 2.8.1 Naravno, klasičen način

Naravno sušenje spada med najstarejše in energijsko najcenejše načine sušenja. Slabost takega načina sušenja je predvsem velika poraba prostora in dolg čas sušenja. Za tradicionalno sušenje so uporabni podi nad hlevi, na pol odprta podstrešja, opuščene sušilnice za hmelj, krušne peči in podobno. Pomembno je stalno kroženje zraka. Pri naravnem sušenju sme biti plast orehov debela do 10 cm. Plodove je treba večkrat premešati in zaščititi pred dostopom raznih glodalcev in ptičev. V manjših prostorih pridobimo na kvadraturi z nalaganjem orehov v tankih plasteh v platoje, ki jih zlagamo drug na drugega. Pri tem pazimo, da je med platoji dovolj dober pretok zraka. Naravno sušenje traja od dva do tri tedne. Tako sušenje je primerno za manjše količine orehov (Solar, 1995).

Hitrost naravnega sušenja torej definirajo temperatura zraka, relativna zračna vlaga in hitrost zraka nad površino orehov. Proces sušenja se odvija z različno hitrostjo, ki je lahko preoster ali pa pride celo do navlaževanja, ker je zračna vlaga večja od vsebnosti vlage v orehah.

Sušenje na soncu uspešno poteka v toplim in suhem vremenu. Pred sončnim zahodom moramo sadje dati pod streho ali pa ga dobro pokriti, da se čez noč ponovno ne navzame vlage. Sušenje traja nekaj dni, lahko pa se potegne tudi na 3 do 4 tedne. Temperatura živila se med sušenjem dvigne od 5 do 15 °C nad temperaturo okolja. Sušenje na soncu se večinoma uporablja za sušenje žit, lahko pa tudi za sušenje stročnic, sadja in oreškov (Kadivec, 2005).



Slika 6: Ohranjene fotografije etnološkega muzeja: "Brč", v katerem pod streho sušijo orehe in lešnike (levo), sušenje večjih količin orehov v platojih na soncu (desno) (Slovenski ..., 2013)

### **2.8.2 Tehnično, v sušilnicah z dovajanjem toplega zraka**

Pridelovalci, ki pridelajo večje količine orehov, uporabljajo hitrejše in bolj zanesljive načine sušenja. Umetno sušenje poteka v večjih sušilnicah, v katere se dovaja ogrevan zrak in traja le dva do tri dni. Osnova takih sušilnic so sušilni boksi, vir energije in ventilator. Zmogljivost sušilnice je odvisna od števila sušilnih enot (Solar, 1995).

## **2.9 DELITEV SUŠILNIC GLEDE NA NAČIN IZDELAVE**

Glede na način izdelave razdelimo sušilnice v dve skupini. Nanizani so horizontalno drug poleg drugega (paletni sistem) ali vertikalno drug nad drugim (etažni sistem) (Solar, 1995). Vsaka ima svoje prednosti in slabosti.

### **Etažni oziroma vertikalni sistem**

Prednosti:

- zavzame manj prostora,
- orehi so enakomerno posušeni.

Slabosti:

- posušimo manjšo količino orehov hkrati,
- število les je omejeno glede na velikost sušilnice,
- prestavljanje les med etažami.

### **Horizontalni sistem**

Prednosti:

- enostavna izvedba in uporaba,
- posušimo večje količine orehov hkrati,



- maksimalno 0,8 m debela plast orehov.

#### Slabosti:

- zavzame veliko površine,
- neenakomerno sušenje med spodnjo in zgornjo plastjo orehov (presušena spodnja plast),
- zaradi naraščanja debeline plasti orehov se povečuje padec tlaka,
- tako velike količine orehov ne moremo premešati.

## 2.10 VRSTE SUŠILNIC

Nakup linije za sušenje predstavlja precejšen strošek, zato pridelovalci orehov v Sloveniji poskušajo sušiti orehe v doma izdelanih sušilnicah. Proizvajalci sušilnic se tako trudijo odpraviti slabosti sušilnic. V veliko pomoč pri izdelavi so strokovne ekskurzije v okviru društva lupinarjev Slovenije. Prilagojene so potrebam posameznega pridelovalca, viru energije, količini pridelka in razpoložljivemu prostoru (Solar, 1995). Nekaj izbranih je na kratko predstavljenih v nadaljevanju.

### 2.10.1 Sušilnica za sadje (šiunca, pajštva)

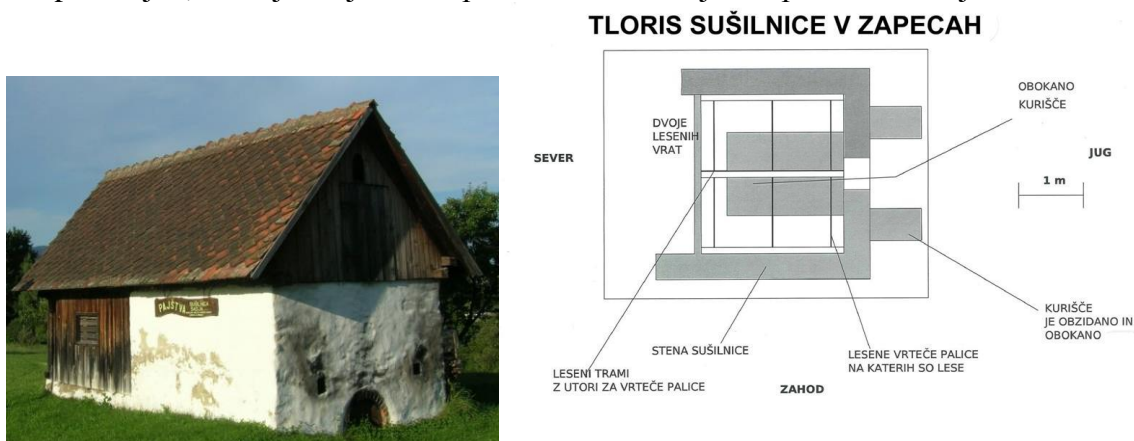
Ni znano, kdaj je bila zgrajena prva taka sušilnica. Najstarejša ohranjena sušilnica je stara okrog 200 let. V zadnjih letih so jih nekaj obnovili in v njih ponovno sušijo sadje. Ostanki temeljev in pripovedovanje sorodnikov pričajo, da je tudi naša domačija imela takšno sušilnico. Graditi so jih začeli predvsem med prvo svetovno vojno, ko je bilo veliko pomanjkanje hrane. Te sušilnice se po svojem videzu in funkcionalnosti niso kaj dosti spremenile od začetka pa vse do danes. Ker so zaprtega tipa, imajo te sušilnice po gradbeni in tehnološki zasnovi veliko prednost pred vsemi prejšnjimi.

Navadno so zgrajene iz kamenja, malte in lesa. Streha je bila pokrita s slamo, skodlami ali opeko. Vse sušilnice imajo navadno velik napušč za spravilo butar in štorov, da so bili na suhem. Nadstrešek pa je tako dolg, da so lahko pod streho na lesah prebirali sadje. Kurišče je obokano, dolgo in ozko, zgrajeno tako, da ne uhaja dim v sušilne komore nad kuriščem. Sušenje je bilo gospodarjevo delo. Najprej je z butaro podkuril in naložil debelejše veje, nazadnje pa več kot 1 m dolg štor, ki je v peči počasi tlel. Seveda je potrebno dodajati drva vsake štiri ure, podnevi in ponoči. Če je kakovost drv slabša, mora biti dolaganje pogostejše. Potem so vhod v peč zaprli s kovinskim ali kamnitim pokrovom. Skozi podpih (luknjo ob strani peči) je prihajal zrak. Vroč dim in iskrice so se zaletavali v obok nad vhomom v peč, da dim ni mogel zanetiti požara, ko se je dvigal k strehi sušilnice. Sistem lončenih ali kovinskih dimnih cevi zagotavlja enakomerno temperaturo po celotnem sušilnem prostoru. Svež zrak dovaja pet odprtih na zunanem in nasproti stoječem notranjem zračnem jašku. Ta zrak se segreva in odvaja sadno vodno soparo skozi odprtino

nad sušilnim prostorom, ki ima regulacijsko loputo. Ta uravnava odvod vlažnega zraka in temperaturo v sušilnem prostoru. Dovod dodatnega svežega zraka preprečuje, da bi se sadje kuhalo oziroma dušilo, hkrati pa tudi preprečuje karamelizacijo sladkorja v sadju zaradi previsoke temperature, ki ne sme preseči 75 °C.

Temperaturo kontroliramo s termometrom v sušilnem prostoru, uravnavamo pa jo s kurjenjem in vlekem, s pripiranjem lopute na stropu sušilnega prostora. Skrajni ukrep za preprečevanje previsoke temperature je odpiranje sušilnega prostora. V sušilnem prostoru mora biti ob polnjenju s sadjem 50 °C, potem pa temperaturo povečamo do 65 °C za jabolka, 70 °C za hruške in 75 °C za slive. Za sušenje orehov, koruze ali gob je bila temperatura nižja, okrog 40 °C. Sadje se je sušilo na toplem in suhem zraku od tri do pet dni (Kolenc, 2009).

Pripravljeno sadje so naložili na dere ali lese in jih potisnili v sušilnico. Lese so bile narejene iz lipovega lesa, ker je lahek. Dno les je bilo pleteno, ali pa so bile pribite tanke letvice. Sadje v lesah so morali dvakrat dnevno mešati, obračati in prebirati. Tudi višino les so spreminjali, da se je sadje dobro posušilo. Suho sadje so spravili v skrinje.



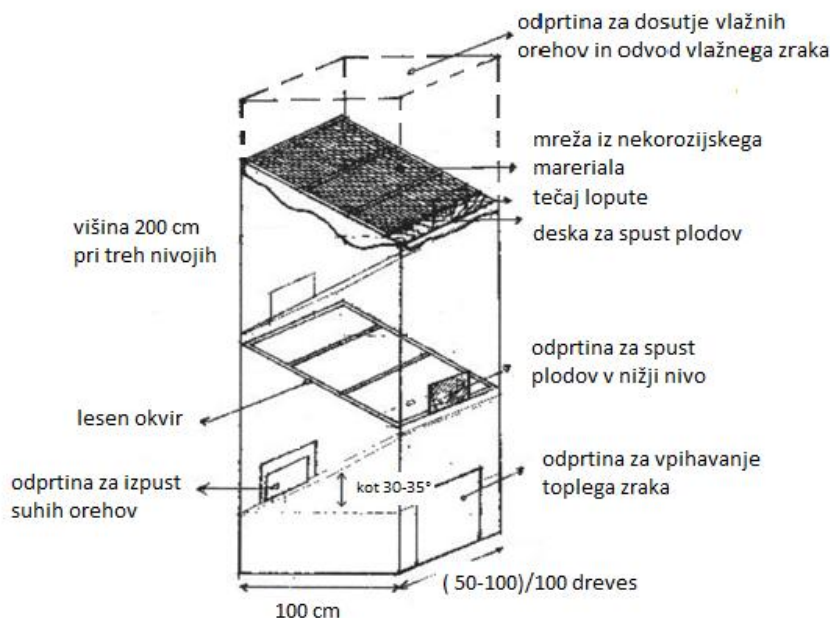
Slika 7: Sušilnica za sadje in tloris sušilnice (Kolenc, 2009)



Slika 8: Notranjost sušilnice - primer pletene in mizarsko izdelane lese (Kolenc, 2009)

### 2.10.2 Etažna sušilnica

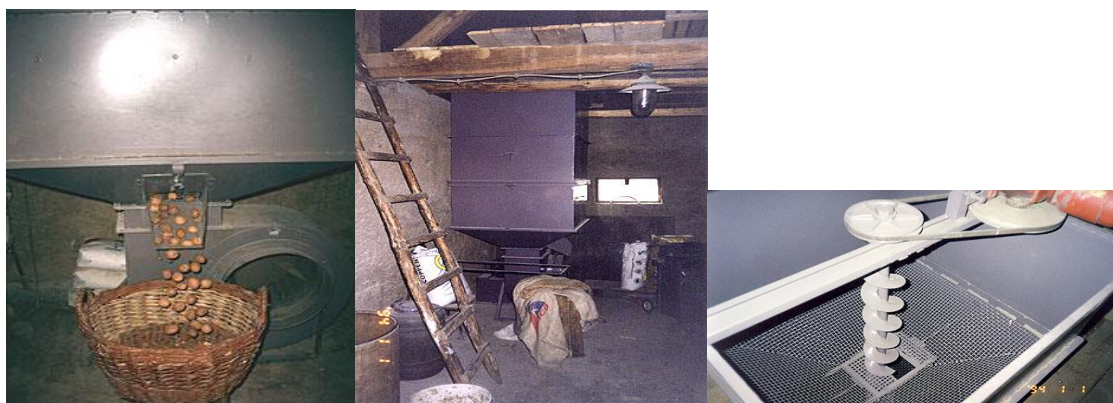
Velikost sušilnice je 100 cm x 100 cm x 200 cm za 100 dreves. Zgrajena je iz naravnih materialov, da preprečimo kondenzacijo vlage. Mreža naj bo aluminijasta ali iz drugih nekorozijskih materialov. Sušilnica je sorazmerno lahka in jo s pomočjo koles premikamo, ko je ne potrebujemo. Sušilnica ima 3 etaže, nagnjene pod kotom 30 - 35°, da se plodovi sami kotalijo v spodnjo etažo. Plodove lahko dodajamo dnevno, ne da bi se suhi in vlažni mešali med seboj. Nasutje plodov v etažo naj ne bo debelejše od 50 cm oziroma 0,5 m<sup>3</sup>. To je okrog 250 kg plodov, ki jih poberejo v enem dnevu, če imamo v nasadu 100 dreves pri 40 % vlažnosti plodov. Dovod toplega zraka pride od spodaj navzgor. Toplega zraka ne smemo vpihovati neposredno z oljnimi gorilci, ker se pri gorenju kurilnega olja sproščajo plini. Zgornji, najbolj mokri orehi, dobijo najhladnejši in najbolj vlažen zrak, zato je potrebno sušenje v dveh fazah. Izdelava takšne sušilnice je za pridelovalca orehov enostavna in ekonomsko upravičena.



Slika 9: Primer etažne sušilnice (Pliberšek, 2001)

### 2.10.3 Sušilnica z radialnim ventilatorjem

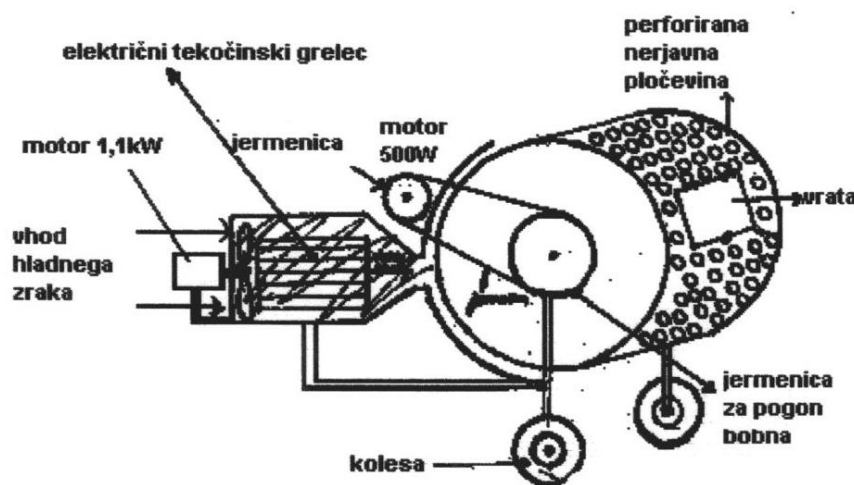
Sušilni prostor, kamor stresemo orehe z vrha, je velik 100 cm x 100 cm x 150 cm. Zgrajena je iz nekorozijskih materialov. Postavljena je na končno mesto. Mreža je pripeta pod kotom, da orehi lažje izpadajo iz sušilnice. Sušilnica ima radialni ventilator, ki proizvaja večje tlake. Zrak ogrevamo z električno energijo. Orehe po lestvi nosimo v zgornje nadstropje in jih nasujemo z vrha, spraznimo pa na dnu, ko odpremo loputo. Zanimivost te sušilnice je, da ima na sredini "polža", ki meša orehe, da se enakomerno posušijo.



Slika 10: Suhe orehe spraznemo skozi spodnjo loputo (levo). Zunanost sušilnice (na sredini). Notranjost sušilnice (desno) pri Ivanu Jarcu

#### 2.10.4 Sušilnica z vrtečim bobnom

Je zanimiva sušilnica, ki se odlikuje s svojo majhnostjo in mobilnostjo. Odlična je za hitro odstranjevanje površinske vlage in dobrodošel pripomoček, če nadaljujemo s sušenjem na soncu. Dva elektromotorja, električni grelec in velik boben predstavljajo velik strošek pri izdelavi takšne sušilnice.



Slika 11: Bobenska sušilnica, ki jo je skonstruiral Ivan Jarc (Pliberšek, 2001)

#### 2.10.5 Sušilnik orehov

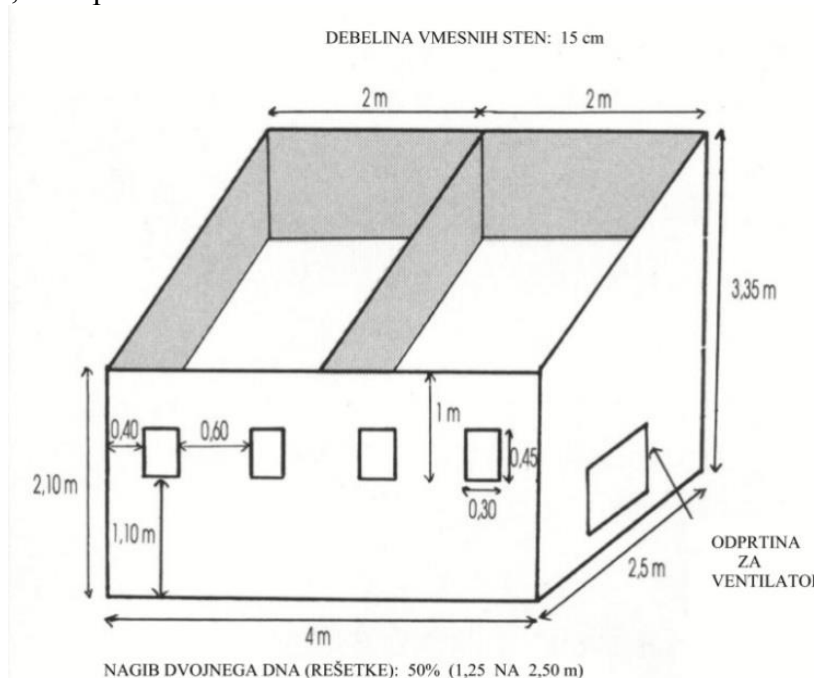
Je horizontalni sušilnik in je sestavljen iz lesenega ogrodja, jeklene mreže in dveh aksialnih ventilatorjev. Dolžina mreže, na kateri se sušijo orehi, je 7 m, širina pa 1,8 m. Celotna velikost sušilne površine meri  $10,584 \text{ m}^2$ . Če sušimo manjše količine orehov, se lahko uporabi samo polovico sušilnice, tako da na sredino vstavimo snemljivo pregrado. Skupni pretok zraka čez celotno površino je  $1371 \text{ m}^3/\text{h}$ , hitrost zraka pa  $0,0334 \text{ m/s}$ .



Slika 12: Sušilnik orehov (foto: Jeram)

### 2.10.6 Sušilnica z dvojnim dnom

Običajno so zgrajene z zadrževalno kapaciteto 25 ton. Sestavlja jih več boksov, ki zadržijo od ene do pet ton. Kot meri  $30^\circ$ . Skozi njih piha zrak s pretokom  $1500 - 2000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Globina zaboja je  $0,8 \text{ m}$ , lahko tudi do  $1,80 \text{ m}$ , vendar imajo potem pridelovalci velike težave s presušitvijo orehov v spodnjem delu. Moke orehe vsipajo na vrhu zabojnika s pomočjo traku, suhe pa skozi vrata na dnu.



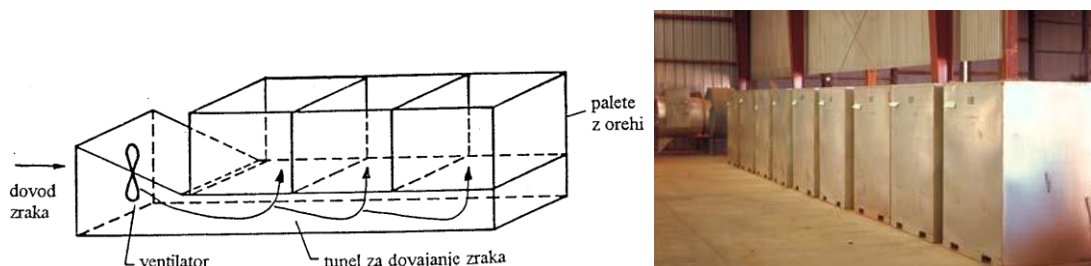
Slika 13: Sušilnica z dvojnim dnom (Solar, 2000b)



Slika 14: Zunanost in notranost sušilnice, ki ima 30° kot. V tujini jim pravijo stadion sušilnice (Thompson in sod., 2010)

### 2.10.7 Paletni zabojniki

Paletni zabojniki so visoki od 120 – 180 cm. Tla nekaterih zabojev so lahko nagnjena tako, da orehi lažje izpadejo skozi drsna vrata. Zabojniki imajo spodaj prostor, v katerega vpihavajo topel zrak. Ko so orehi suhi, jih s pomočjo viličarja presujejo v prikolice in odpeljejo v pakirnice.



Slika 15: Paletni zabojniki (Solar, 2000b; Thompson in sod., 2010)

## 2.11 NAČINI SUŠENJA

Pri prisilnem sušenju v sušilnicah se plodovi posušijo v 48 – 72 urah. Sušenje temelji na principu prehoda toplega zraka skozi plast plodov in poteka v dveh fazah. V fazi predušenja, ki traja do 10 ur, ima zrak 25 – 30 °C (orehi). V tem času izgubijo plodovi približno tretjino odvečne vlage. Naslednjih 20 – 50 ur sledi faza sušenja, pri kateri temperaturo zraka povečamo za 5 °C. Pri tem je zelo pomemben pretok zraka, 1500 – 2000 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> za 1 m visoko plast orehov, da gre skozi plast plodov in skrbi za obnavljanje zraka, ki se med sušenjem nasiti z vodno paro. Hitro izvedeno sušenje je potrebno iz več razlogov: na luščinah in tudi na jedrcih preprečimo razvoj plesni, ohranimo svetlo barvo jedrc (pri orehih) in, kar je najpomembneje, ohranimo stabilnost maščob v jedrcih in preprečimo oksidacijo nenasičenih maščobnih kislin – s tem se izognemo žarkosti jedrc. Pomembno je tudi, da so prisilno posušeni orehi na trgu dva do tri tedne prej kot naravno

sušeni. Povprečna temperatura sušenja je 35 °C, čas sušenja 3 dni, temperatura prostora pa 15 °C (Solar, 2002).

Preglednica 1: Prikaz porabe energije pri sušenju določene mase orehov (Solar, 2000)

Pridelek (t)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Masa (kg suhih orehov)	Skupni pretok zraka (m <sup>3</sup> /h) s 40 % relativne zračne vlage	Moč pretoka (kW)	Energija kJ/h
do 2	2	600	3000 – 4000	20 – 27	714000 – 966000
2 – 4	3	900	4500 – 6000	30 – 40	109200 – 147000
4 – 6	4	1300	6000 – 8000	40 – 54	147000 – 197400
6 – 8	6	2000	9000 – 12000	61 – 80	222600 – 289800
8 - 10	7	2300	10500 – 14000	71 - 95	256200 - 344400

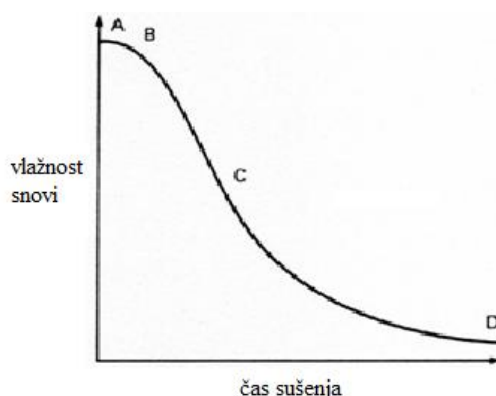
## 2.12 POSTOPEK SUŠENJA

Potek sušenja lahko prikažemo z diagramom, ki nam da podatke o spremembi povprečne vlažnosti v različnih časovnih intervalih. Sam postopek razdelimo na posamezne periode sušilnega procesa.

**Začetek sušenja** je označen s črto AB. V tej fazi se površina snovi, ki jo sušimo, segreva ali ohlaja na temperaturo mokrega termometra.

**Konstantna sušilna hitrost** poteka na krivulji od B do C. V tej fazi se film vode na površini obnavlja s kapilarnim dvigom vode iz notranjosti snovi. Pri orehu v tej fazi poteka hitra izsušitev luščine, kože jedrca in notranjih pregrad. Pomembna je tudi začetna temperatura sušenja, ki ne sme presegati 35 °C. Pri višji začetni temperaturi rado pride do odpiranja šiva luščine.

**Padajočo sušilno hitrost** vidimo na delu CD in se začne, ko dosežemo kritično vlažnost snovi, ki pri orehu znaša 28 %. Temperaturo povečamo za 5 °C ne glede na krhkost luščine. Za sušenje orehov je najprimernejša temperatura dovedenega ogretega zraka od 38 do 40 °C. Pri višjih temperaturah lahko pride do poškodb jedrc in s tem do žarkosti, ki je rezultat oksidacije nenasičenih maščobnih kislin. Kapilarni dvig vode na površino je počasnejši od izhlapevanja, kar povzroči umik fronte sušenja s površine v notranjost. Suhi sloj je vse debelejši, ima vse večji upor in sušilna hitrost pada. Povprečni čas sušenja je odvisen od sorte, načina sušenja in zračnega pretoka. S sušenjem končamo, ko je v luščini celih orehov 12 % vlage, v jedrcih pa 8 % (Solar, 2002).



Slika 16: Diagram odvisnosti vlažnosti od časa (Fellows, 1988)

## 2.13 KONTROLA SUŠENJA

### 2.13.1 Kontrola opreme

**Temperatura in vlaga** ventiliranega zraka se merita s termometrom in higrometrom ali termohigrometrom na rešetki oziroma dnu sušilnice. Največja dovoljena vlaga na rešetki je 40 %. Pri večji vlagi je potrebno povečati temperaturo sušenja. Dopustna odstopanja temperature glede na priporočilo:  $\pm 2-3$  °C.

**Pretok zraka** se meri z anemometrom pred odprtino za ventilator in na različnih prekatih, če gre za etažno sušilnico oziroma več horizontalnih boksov.

Primer: če je vrednost anemometra = 0,56 m/s, je zračni pretok za  $1 \text{ m}^2 = 0,56 \text{ m/s} \times 3600 \text{ s} = 2016 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Preveriti je potrebno pretok v različnih delih sušilnega boksa. Porazdelitev je dobra, če odstopanja med najmanjšo in največjo vrednostjo ne presegajo 25 %. Povprečna vrednost zračnega pretoka ne sme biti manjša od  $1300 \text{ m}^3/\text{h}$  (Solar, 2000b).

### 2.13.2 Kontrola orehov

**Vizuelna kontrola:** če je oreh suh, je pregrada med jedrnima polovičkama krhka, lomljiva. Kontrolira se po 10 orehov iz zgornjega in po 10 orehov iz spodnjega dela sušilnice.

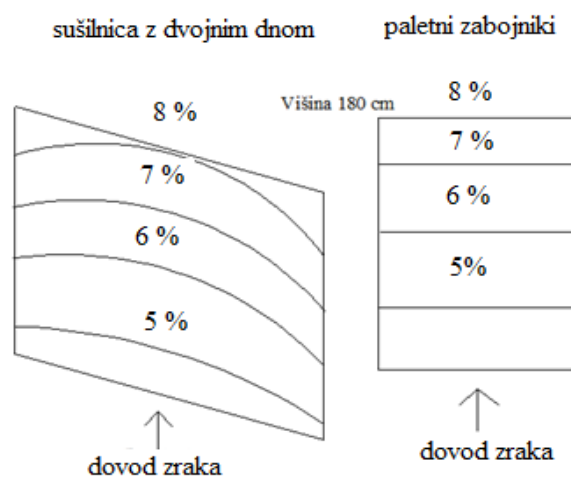
**Tehtanje dekalitra (10 litrov) orehov:**

Zgornja plast: masa 10 litrov vlažnih orehov (45 % vlage) pri sorti 'Franquette' je 5,4 kg.

Spodnja plast: masa 10 litrov suhih orehov (12 % vlage) pri sorti 'Franquette' je 3,4 kg.



Vsebnost vlage orehov pred sušenjem se razlikuje glede na letino, čas pobiranja in vremenske razmere. Sušenje v zabojih ponavadi povzroči različno vlažnost orehov na dnu/vrhu. Običajno se orehi na dnu zabojnika presušijo (Solar, 2000b).



Slika 17: Presušeni orehi na dnu zabojnika (foto: Jeram)

## 2.14 DROBLJENJE IN SKLADIŠČENJE OREHOV

V Sloveniji se ne pridela dovolj orehov, da bi količine zadostovale za avtomatsko izvedbo, zato poteka trenje orehov ročno. Pri ročnem trenju je potrebno izbrati pravilen tip in maso kladiva. Paziti je potrebno, da je oreh pravilno obrnjen. Le tako zmanjšamo poškodbe jedrca na minimum. Jadrca se nato razvrščajo v razrede po odstotku celote jedrca in po barvi. V komercialno usmerjeni pridelavi se trenje orehov opravlja s posebnimi stroji za drobljenje. Ti stroji zelo dobro trejo orehe s pomočjo poznavanja fizikalnih lastnosti luščin s predpostavko, da so plodovi izenačeni po velikosti in trdnosti luščine ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ). Proizvodnja za trenje orehov je konstruirana tako, da v stroj vstopajo plodovi oreha, izstopajo pa pakirana jadrca ustrezne kakovosti in mase (Solar in sod., 2004).

Orehe in lešnike shranjujemo in prodajamo cele v luščini ali luščene, kot jadrca. V obeh primerih jih do prodaje hranimo na hladnem. Plodovi v luščini lahko čez zimo ostanejo v jutastih ali plastificiranih mrežastih vrečah v hladnih in zračnih prostorih. Na pomlad jih izluščimo. Pomembno je, da so jadrca v neprodušno zaprti in temno obarvani embalaži, ki prepreči dostop zraka in svetlobe in prepreči oksidacijo maščob. Zato jih gospodinje najbolj zanesljivo hranijo v zamrzovalniku, večje količine pa skladiščimo v hladilnici pri  $1^\circ\text{C}$  in 60 % zračni vlagi (Pliberšek, 2001). Zmleti orehi so najbolj obstojni v dušikovi atmosferi, sledi vakuumsko pakiranje, najslabše se obnese atmosfera zraka (Kadivec, 2005).

### 3 MATERIAL IN METODE DE LA

#### 3.1 KRAJ IN ČAS PREIZKUSA

Postopek sušenja in meritev smo opravljali v Virmašah. Preizkus je bil opravljen med 5. 10. 2011 in 16. 10. 2011. Orehe smo nabirali v nasadih v Veštru pri Škofji Loki in Bodovljah.

#### 3.2 MATERIAL

Za poizkus smo uporabili sušilnik orehov. Velikost celotne sušilne površine je 10,584 m. Skupni pretok zraka je:

$$qm1 = 543 \text{ kg/h} = 0,150833 \text{ kg/s}$$

$$qm2 = 1102 \text{ kg/h} = 0,306111 \text{ kg/s}$$

$$qmc = qm1 + qm2$$

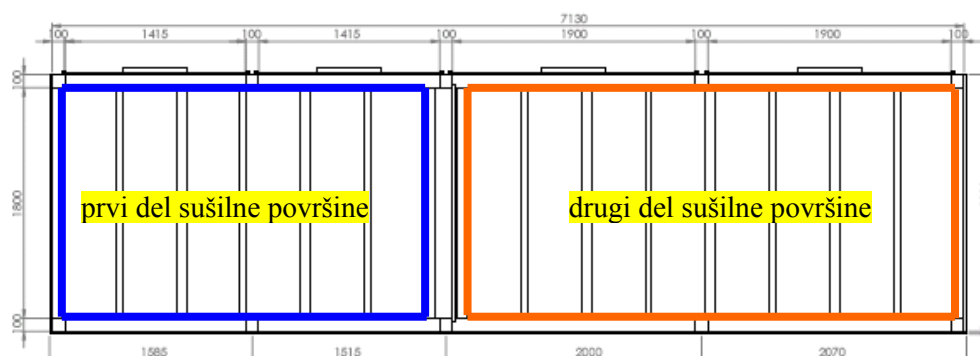
$$qmc = 0,150833 + 0,306111 = 0,456944 \text{ kg/s}$$

...(2)

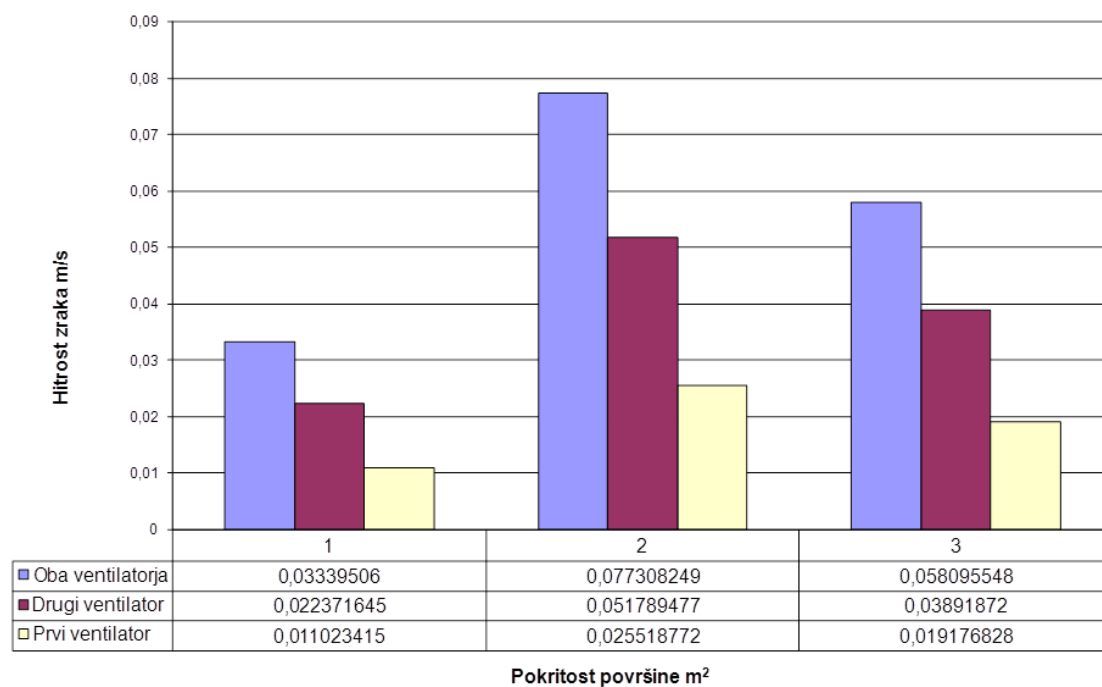
Pretok zraka znaša 0,456944 kg/s za sušilnik orehov. Ventilatorja pihata s hitrostjo zraka 0,0334 m/s. Izračun je prikazan na spodnji tabeli.

$$q = v * A * \rho \Rightarrow v = \frac{q}{A * \rho} = 0, \frac{456944}{10,584 * 1,2928} = 0,0334 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

...(3)



Slika 18: Preizkusna sušilnica (Bernik in sod., 2007)



Slika 19: Sušilna površina (Bernik in sod., 2007)

### 3.3 METODE DELA

#### 3.3.1 Nabiranje in priprava orehov

Počena zelena lupina nakazuje, da so plodovi tehnološko dozoreli in se bliža bratev oreha. K temu pripomorejo tudi slana, dež in močan veter. Pobrane orehe smo očistili zelene lupine in blata. Orehe smo počili le toliko, da se oreh ni razletel. Tako pripravljene orehe smo stehali in jih razprostrli po mreži sušilnice.



Slika 20: Orehi razporejeni na sušilnici (foto: Jeram)

### 3.3.2 Sušenje orehov

Sušilnica se nahaja na podstrešju drvarnice in je z ene strani delno zaprta. Sušili smo po eno plast počenih in po eno plast celih orehov na dveh istih sušilnicah, s to razliko, da eni nismo dovajali toplega zraka. Sušilnica brez dovajanja toplega zraka pa je bila odvisna od temperature okolice in je bila v povprečju od 10 do 15 °C. Orehe smo sušili 12 dni. Tehtali smo jih enkrat na dan, ob 17. uri, in tako preverjali izgubo mase. Poskus smo izvajali v treh ponovitvah.

### 3.3.3 Meritve vsebnosti odstotka vode in suhe snovi

Meritve suhe snovi izmerimo v laboratoriju in poteka na naslednji način: v popolnoma suh stehtan tehtič smo zatehtali 3-5 g pripravljenega vzorca, na 0,001 g natančno. Vzorec sušimo pri 104 °C. Po končanem sušenju tehtič z vzorcem vzamemo iz sušilnika in ga damo hladiti v eksikator. Ohlajen vzorec ponovno stehtamo in izračunamo odstotek vlage oz. suhe snovi v oreh. Tehtiča nikoli ne prijemamo z golimi rokami, ampak vedno s posebnimi kleščami, da ne puščamo vlažnih ali mastnih odtisov na steklu, ki nam lahko povzročijo napako (Kadivec, 2005).

Odstotek vode izračunamo na naslednji način:

$$B = \frac{b}{a} \times 100$$

$$A = 100 - B$$

... (4)

$a$  = masa vzorca pred sušenjem (g)

$b$  = masa vzorca po sušenju (g)

$A$  = odstotek vode (%)

$B$  = odstotek suhe snovi (%)

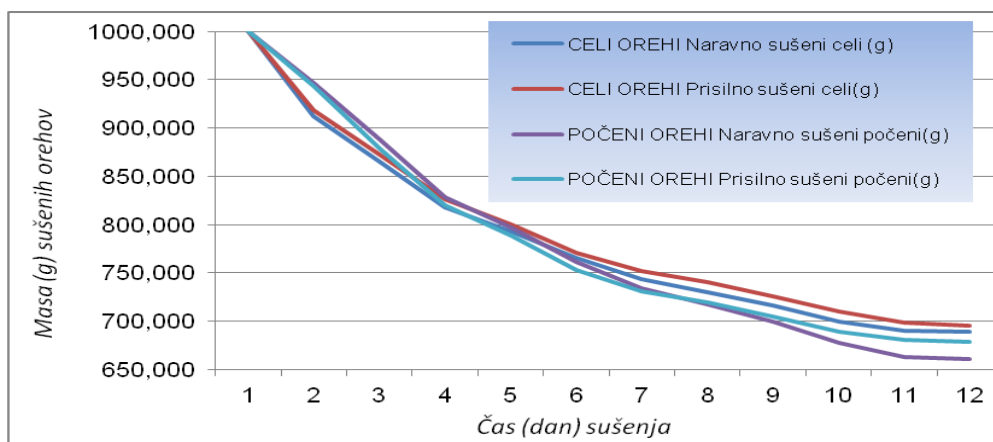
## 4 REZULTATI MERITEV

### 4.1 TEHTANJE OREHOV

Preglednica 2: Podane vrednosti povprečnih meritev treh ponovitev poskusa

Meritev za leto 2011		CELI OREHI		POČENI OREHI	
Zap. št. merjenja	Datum	Naravno sušeni (g)	Prisilno sušeni (g)	Naravno sušeni (g)	Prisilno sušeni (g)
1	5. 10.	6100	6550	3902	3827
2	6. 10.	5567	6014	3696	3613
3	7. 10.	5278	5714	3464	3363
4	8. 10.	4990	5411	3231	3138
5	9. 10.	4835	5243	3110	3017
6	10. 10.	4667	5046	2973	2880
7	11. 10.	4537	4927	2863	2799
8	12. 10.	4455	4851	2800	2753
9	13. 10.	4372	4751	2731	2697
10	14. 10.	4270	4649	2643	2638
11	15. 10.	4207	4577	2586	2607
12	16. 10.	4205	4554	2580	2597

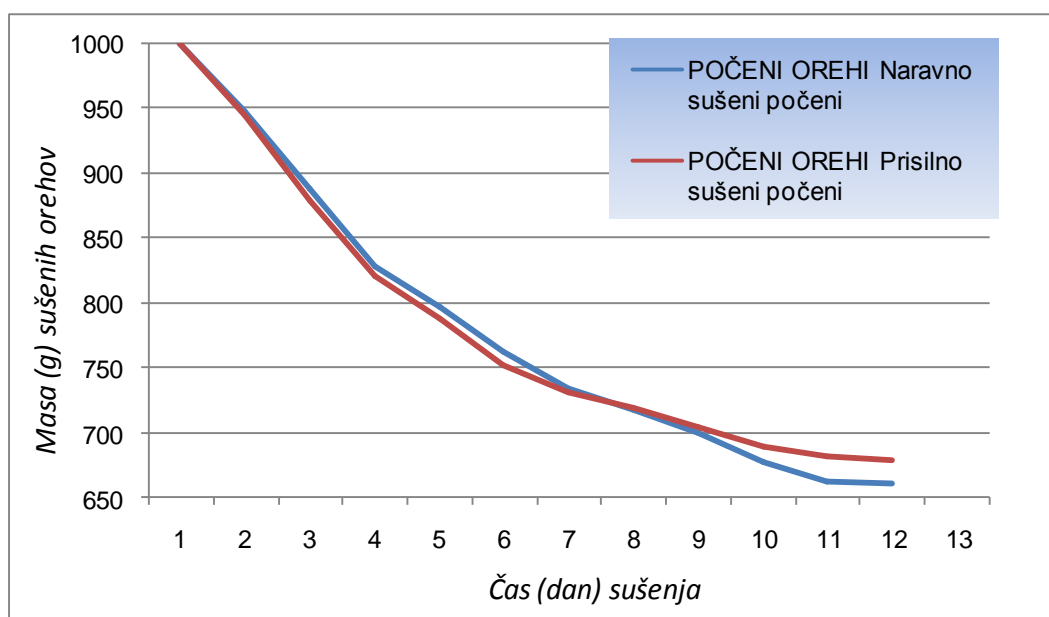
Iz slike 21 je razvidno, kako hitro so se posušili orehi pri vseh obravnavanih načinih sušenja. Za boljši pregled smo količine preračunali na en kilogram. Lahko bi rekli, da imamo dve fazi sušenja v hitrosti med celimi in počenimi orehi. Prve tri dni so se najhitreje sušili celi, naravno in prisilno sušeni orehi. Razlike med njimi so četrty dan minimalne, nato pa hitrost sušenja narašča pri počenih orehih, nazaduje pa pri celih. Na koncu so bili najmanj suhi prisilno in naravno sušeni celi orehi. Najbolj suhi so bili naravno sušeni počeni orehi.



Slika 21: Grafični prikaz sušenja celih in počenih orehov

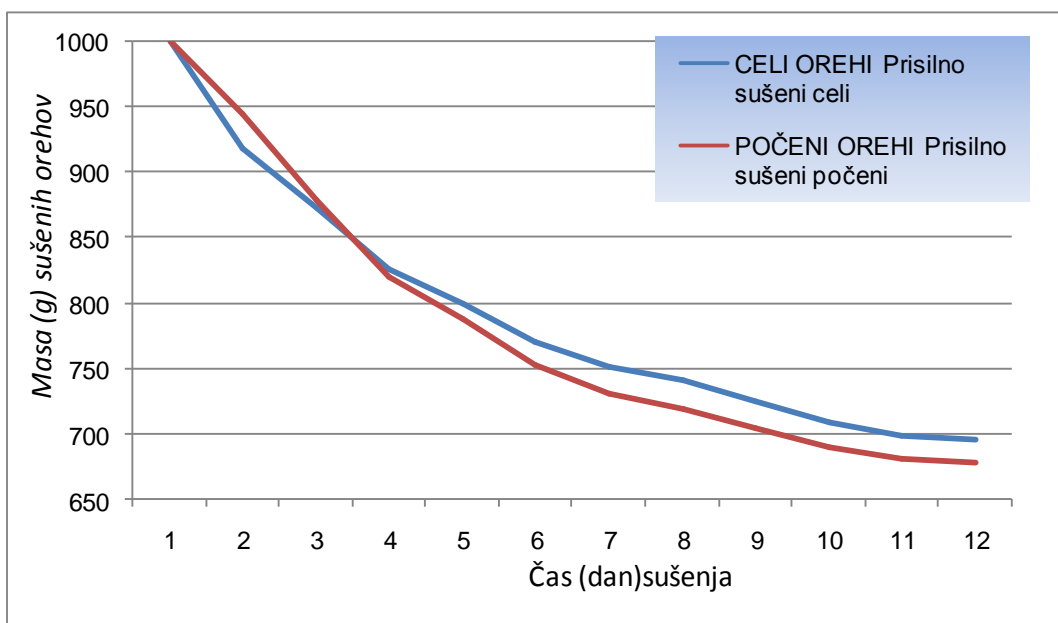
Preglednica 3: Sprememba mase orehov med sušenjem 1000 g orehov

Zap. št. merjenja	Datum	CELI OREHI	CELI OREHI	POČENI OREHI	POČENI OREHI
		Naravno sušeni celi (g)	Prisilno sušeni celi(g)	Naravno sušeni počeni(g)	Prisilno sušeni počeni(g)
1	5. 10.	1000,000	1000,000	1000,000	1000,000
2	6. 10.	912,623	918,168	947,207	944,082
3	7. 10.	865,246	872,366	887,750	878,756
4	8. 10.	818,033	826,107	828,037	819,963
5	9. 10.	792,623	800,458	797,027	788,346
6	10. 10.	765,082	770,382	761,917	752,548
7	11. 10.	743,770	752,214	733,726	731,382
8	12. 10.	730,328	740,611	717,581	719,362
9	13. 10.	716,721	725,344	699,897	704,730
10	14. 10.	700,000	709,771	677,345	689,313
11	15. 10.	689,672	698,779	662,737	681,212
12	16. 10.	689,344	695,267	661,199	678,599



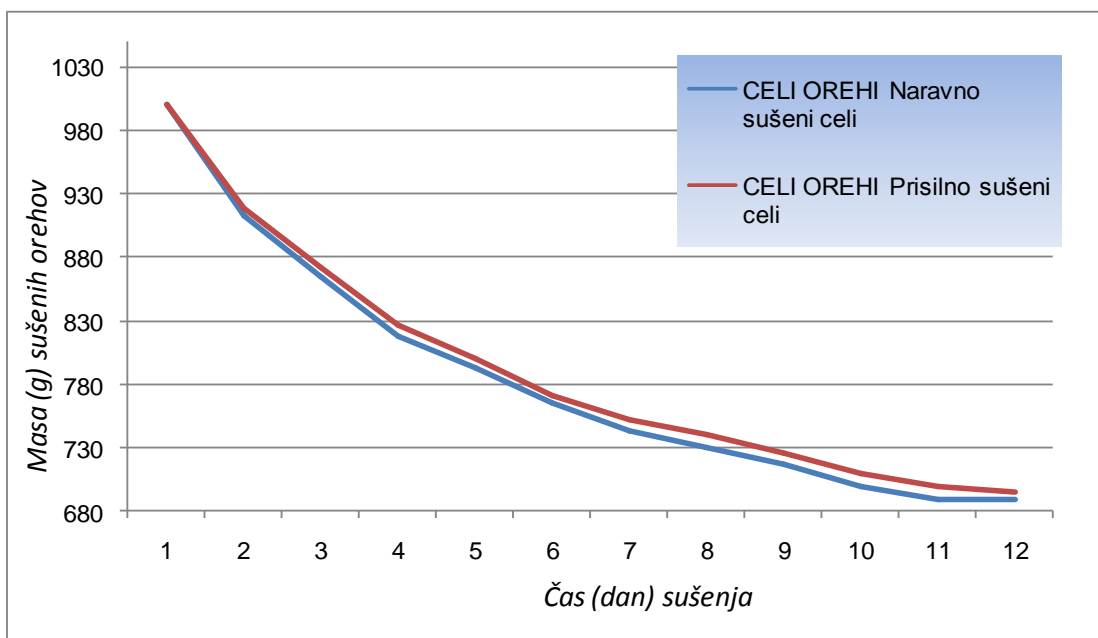
Slika 22: Masa naravno in prisilno sušenih počenih orehov

Orehi, ki smo jih sušili brez dovajanja zraka, so imeli manjšo maso od orehov, ki smo jim dovajali zrak. Razlika je bila 1,74 %.



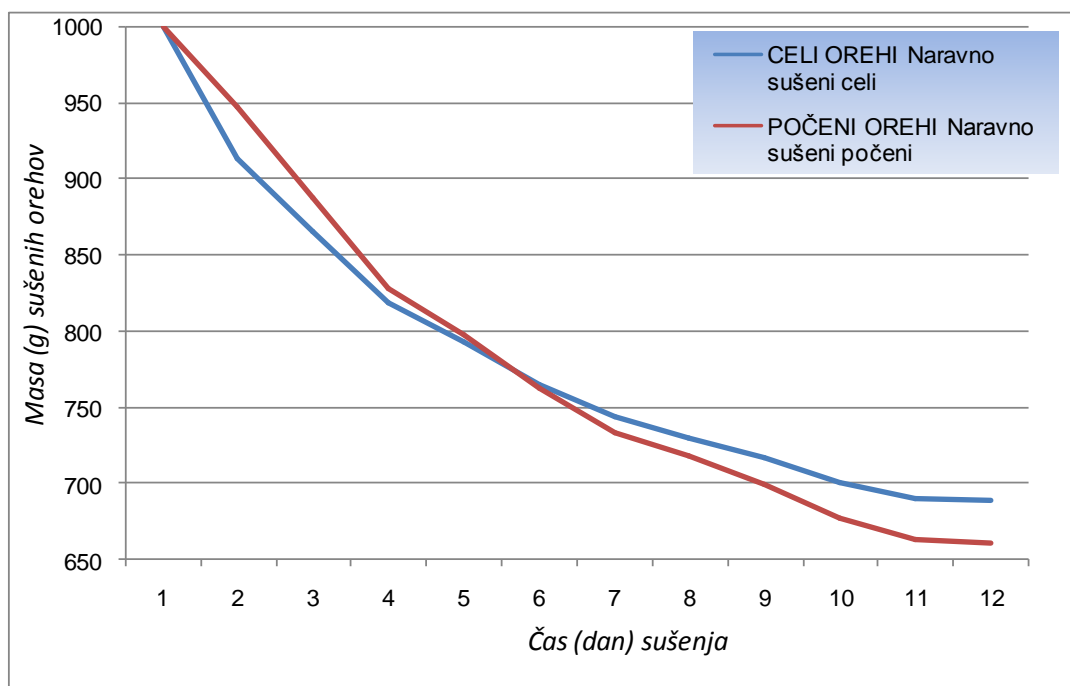
Slika 23: Masa prisilno sušenih celih in počenih orehov

Orehi, ki smo jih sušili z dovajanjem zraka in smo jim počili luščino, so imeli manjšo maso od orehov, ki jih nismo počili. Počeni orehi so bili bolj suhi za 1,67 %.



Slika 25: Masa naravno sušenih in prisilno sušenih celih orehov

Orehi, ki so bili sušeni brez dovajanja zraka, so imeli manjšo maso od orehov, ki smo jim dovajali zrak. Razlika med njima je bila 0,59 %.



Slika 26: Masa naravno sušenih celih in počenih orehov

Orehi, ki so bili počeni in smo jih naravno sušili, so imeli manjšo maso od orehov, ki so bili celi. Razlika med njima je 2,8 %.

## 4.2 MERITVE SUŠINE

Preglednica 4: Odstotek sušine in vode v orehah, 6. 10. 2011

Vzorec	Masa pred sušenjem (g)	Masa suhih (g) sušeno pri 104 °C	% sušine masa suhih glede na maso pred sušenjem	% vode masa pred sušenjem – masa suhih
I.	360,96	194,48	53,88	46,12
II.	362,30	216,35	59,72	40,28

Drugi dan merjenja rezultatov smo naključno izbranim vzorcem izmerili % sušine in vode. Prvi vzorec je imel 53,88 % sušine in 46,12 % vode v orehah. Drugi vzorec je imel 59,72 % sušine in 40,28 % vode v orehah.



Preglednica 5: Odstotek sušine in vode v oreh, 14. 10. 2011

Vzorec	Masa pred sušenjem (g)	Masa suhih (g) sušeno pri 104 °C	% sušine masa suhih glede na maso pred sušenjem	% vode masa pred sušenjem – masa suhih
I.	115,97	70,28	60,60	39,40
II.	109,26	83,87	76,76	23,24
III.	109,03	89,30	81,90	18,10

Trem naključno izbranim vzorcem smo izmerili % suhe snovi in % vode. Prvi vzorec je imel 60,60 % sušine in 39,40 % vode. Drugi vzorec je imel 76,76 % sušine in 23,24 % vode. Tretji vzorec je imel 81,90 % sušine in 18,10 % vode v oreh.

Preglednica 6: Odstotek sušine in vode v oreh, 17. 10. 2011

Vzorec	Masa pred sušenjem (g)	Masa suhih (g) sušeno pri 104 °C	% sušine masa suhih glede na maso pred sušenjem	% vode masa pred sušenjem – masa suhih
I. naravno sušeni, celi	86,44	75,85	87,75	14,37
II. naravno sušeni, počeni	91,17	78,07	85,63	12,25
III. prisilno sušeni, celi	116,83	100,07	85,65	14,35
IV. prisilno sušeni, počeni	92,46	80,74	87,32	12,68

Naravno sušeni počeni orehi so imeli najmanjši odstotek sušine (85,63 %) in 12,25 % vode v orehovi luščini. Naravno sušeni celi orehi so imeli največji odstotek sušine 87,75 % in 14,37 % vode.

## 5 RAZPRAVA IN SKLEPI

### 5.1 RAZPRAVA

V diplomskem delu smo želeli ugotoviti, kako hitro se posušijo orehi s počeno in celo luščino. Poskus smo zasnovali v Virmašah pri Škofji Loki. Za sušenje smo uporabili sušilnik orehov. V odprtih sistemih se uporabi zrak iz okolja sušilnice. Temperaturo v okolici sušilnice nismo merili. Z njo se spreminja relativna zračna vlaga. Pri nizki relativni zračni vlagi poteka proces sušenja hitro in ravno obratno. Orehe smo počili s kladivom. Zelo pomembno je, da se počena luščina še vedno drži jedrca in da pri tehtanju kakšne ne izgubimo. S postopkom sušenja orehi izgubijo vodo, ki jo izmerimo z maso.

Po sušilnici smo razprostrli eno plast orehov. Debelina sušeče plasti ima vpliv na pretok zraka. Shahbazi in Rajabipor (2003) sta ugotovila, da višja je debelina, večji je padec tlaka.

Skupni pretok zraka čez celotno površino sušilnika orehov je 1371 m<sup>3</sup>/h. Grant in Thompson (1990) sta v raziskavi ugotavljala, kako pretok zraka predstavlja ustrezno ravnotežje med zmogljivostjo sušenja in stroški. Podvojitvev pretoka zraka zmanjša čas sušenja za tretjino, poveča pa se poraba energije na tono suhih orehov.

Ugotovili smo, da se orehi s počeno luščino sušijo hitreje od orehov s celo lupino. Prve tri dni so se najhitreje sušili celi, naravno in prisilno sušeni orehi. Razlike med njimi so četrti dan minimalne, nato pa hitrost sušenja narašča pri počenih orehih, nazaduje pa pri celih. Na koncu so bili najmanj suhi prisilno in naravno sušeni celi orehi. Najbolj suhi so bili naravno sušeni počeni orehi.

Kadivec (2005) je v svojem diplomskem delu ugotovila, da maščobe orehov s počeno luščino bolj oksidirajo, ker so jedrca izpostavljena kisiku, vendar so razlike manjše od pričakovanih in tako ne vplivajo na slabšo kakovost jedrc.

Za nadaljnje skladiščenje smejo imeti celi orehi v luščini 12 % vlage (Solar, 1995). Naravno sušeni počeni orehi so imeli najmanjši odstotek sušine in vlage v orehovi luščini. V našem primeru so počeni orehi dosegli 12 % vlago, zato smo s sušenjem končali.

Grant in Thompson (1990) ugotavljata, da bi morali proizvajalci v začetku sušenja izmeriti vsebnost vlage v orehih. To bi jim pomagalo, da orehov ne presušijo. Glede na začetno vsebnost vlage bi lahko izračunali čas sušenja orehov. Proizvajalci običajno sušijo orehe 43 ur. Če je začetna vlažnost orehov 31 %, sušimo orehe manj časa kot, če imajo na začetku 40 % vlažnost.

Orehi, ki se sušijo v 180 cm visokih zabojujkih, imajo na vrhu zabojujka 8 % vlažnost na dnu pa 5 % vlažnost v jedrcih. Običajno se orehi na dnu zabojujka presušijo (Solar, 2000b).

## 5.2 SKLEPI

V oktobru 2011 smo želeli ugotoviti, kako počena lupina vpliva na hitrost sušenja glede na sušenje s hladnim zrakom. Poudariti je potrebno, da smo zrak dovajali s prekinitvami, da bi zmanjšali stroške sušenja. Poskus smo zasnovali iz orehov, ki smo jih nabrali v nasadu v Veštru pri Škofji Loki in Bodovljah. Nabrali smo plodove sorte 'Elit' in sejancev, tako da se sortno nismo opredelili. V poskus smo vključili naslednja obravnavanja: celi orehi, ki so sušeni naravno in z dovajanjem zraka iz ventilatorja, in počeni orehi, ki so sušeni naravno in z dovajanjem zraka iz ventilatorja.

V diplomskem delu nas je zanimalo, kako hitro se sušijo orehi s počeno in celo luščino. Cele in počene orehe smo sušili z dovajanjem zraka iz ventilatorja s prekinitvami. Ventilator smo imeli prižgan eno uro. Hkrati pa smo naravno sušili počene in cele orehe na mreži, ki je bila dvignjena od tal. Pod orehi je tako naravno krožil hladen zrak iz okolice. Eno plast orehov smo enakomerno razporedili po mreži. Orehe smo tudi mešali in tako zagotovili enakomerno sušenje.

Največ mase so izgubili počeni naravno sušeni orehi. Najmanj suhi pa so bili celi orehi, sušeni z dovajanjem zraka iz ventilatorja. Počeni naravno sušeni so imeli 2,8 % manjšo maso od celih, naravno sušenih orehov. Počeni orehi in celi orehi, sušeni z dovajanjem zraka so se razlikovali za 1,6 %. Počeni, naravno sušeni orehi, so bili za 1,74 % bolj suhi od počenih orehov, ki smo jim dovajali zrak. Naravno sušeni celi orehi so bili 0,59 % bolj suhi od celih orehov, ki smo jim dovajali zrak.

Naravno sušeni počeni orehi so imeli najmanjši odstotek sušine, to je 85,63 % in 12,25 % vode v orehovi luščini. Naravno sušeni celi orehi so imeli največji odstotek sušine, to je 87,75 % in 14,37 % vode.

Presenečeni smo bili nad tako majhno razliko med posušenimi orehi. Težava se verjetno skriva v tem, da smo imeli ventilator prižgan samo 1 uro na dan. Verjetno bi dosegli večje razlike, če bi imeli ventilator prižgan vsaj 12 ur.

Priporočamo, da se poskus nadaljuje in se vanj vključi še sušenje s toplim zrakom.

## 6 POVZETEK

Za domačo porabo nam nekaj kilogramov orehov ni težko posušiti na peči. Večje težave imajo pridelovalci orehov, ki imajo nasade velike nad 1 ha. Teži jih problem, kako takšno količino orehov čimprej posušiti, saj morajo s sušenjem začeti še isti dan po obiranju. V nasprotnem primeru se kakovost orehovega jedrca poslabša in s tem tudi možnost prodaje. Več se jih odloča za posebne sušilnice s pomočjo dovajanja toplega zraka. Pri tem potrebujemo dodatno energijo (toplotno in električno) za transport toka zraka. Takšno sušenje traja dva do tri dni. Potrebni sta strokovnost in doslednost, da jedrca odgovarjajo standardom, ki jih veleva trg, saj je pri nepravilnem dovajanju ogretega zraka možen izpad pridelka.

Pridelek orehov temelji na kakovosti jedrc. Zato je toliko bolj pomembno, kako se orehi posušijo. Zreli orehi vsebujejo od 35 do 50 % vode. Posušena orehova jedrca imajo največ 8 % vode, celi orehi v luščini pa 12 % vode.

Glede na način izdelave razdelimo sušilnice na vertikalne (etažne) in horizontalne. Vsaka ima svoje prednosti in slabosti.

Nakup linije za sušenje predstavlja precejšen strošek, zato pridelovalci orehov v Sloveniji poskušajo sušiti orehe na doma izdelanih sušilnicah.

Največ mase so izgubili počeni naravno sušeni orehi. Najmanj suhi pa so bili celi orehi, sušeni z dovajanjem zraka iz ventilatorja. Počeni naravno sušeni so imeli 2,8 % manjšo maso od celih, naravno sušenih orehov. Počeni orehi in celi orehi, sušeni z dovajanjem zraka so se razlikovali za 1,6 %. Počeni, naravno sušeni orehi, so bili za 1,74 % bolj suhi od počenih orehov, ki smo jim dovajali zrak. Naravno sušeni celi orehi so bili 0,59 % bolj suhi od celih orehov, ki smo jim dovajali zrak.

Naravno sušeni počeni orehi so imeli najmanjši odstotek sušine, to je 85,63 % in 12,25 % vode v orehovi luščini. Naravno sušeni celi orehi so imeli največji odstotek sušine, to je 87,75 % in 14,37 % vode.

## 7 VIRI

- Bernik R. 2008. Tehnika v kmetijstvu. Spravilo in konzerviranje voluminoze krme in žit. Ljubljana, Biotehniška Fakulteta, Oddelek za agronomijo: 131 str.
- Bernik R., Kirn A., Livk A. 2007. Konstruiranje strojev in naprav. Sušilnik orehov. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 8 str.
- Bulatović S. 1985. Orah, lešnjak, baden. Beograd, Nolit: 368 str.
- Černe T. 2011. Možnost solarnega sušenja v Sloveniji. Dipl. projekt Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 31 str.
- FAO. 2013. Statistični podatki pridelave orehov v svetu za leto 2008  
<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx> (1. 2. 2013)
- Fellows P. 1988. Food processing technology. Principles and practice. Weinheim, VCH Verlagsgesellschaft mbH: 505 str.
- Gorišek Ž. 2004. Enciklopedija lesa – Tehnično sušenje. Korak, 6: 21-22
- Grant J. A., Thompson J. F. 1990. Walnut dehydrators vary in performance. California Agriculture, 44, 1:12-13
- Heric D. 2010. Letošnja letina srednje dobra. Kmečki glas, 51: 16
- Kadivec L. 2005. Vpliv tehnologije sušenja in skladiščenja orehov (*J. regia*) na stopnjo oksidacije maščob. Diplomsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 67 str.
- Kolenc A. 2009. Sadje naš vsakdanji kruh.  
[www.status.si/susilnik-sadja-zelenjave](http://www.status.si/susilnik-sadja-zelenjave) (6. 8. 2013)
- Mumford A.W. 1901. English walnut.  
[www.findmeacure.com/2007/08/29/walnut-genus-juglan/](http://www.findmeacure.com/2007/08/29/walnut-genus-juglan/) (6. 8. 2013)
- Navadni oreh. 2013.  
[http://www.sl.wikipedia.org/wiki/Navadni\\_oreh](http://www.sl.wikipedia.org/wiki/Navadni_oreh) (18. 7. 2013)
- Novak M. 2008. Sušenje lesa. Višješolski učbenik. Maribor, Lesarska šola Maribor, Višja strokovna šola: 132 str.

Pliberšek T. 2001. Delo sekcije.

[http://www.ssdl.si/assets/files/Delo\\_sekcije\\_2001.pdf](http://www.ssdl.si/assets/files/Delo_sekcije_2001.pdf) (6. 8. 2013)

Sancin V. 1988. Sadje z našega vrta. Trst, Založništvo tržaškega tiska: 376 str.

Shahbazi F., Rajabipor A. 2003 Airflow of walnuts as affected by nuts size and bed depth.

V: 31. Simpozij aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede, Opatija, 2003. Zagreb, Zavod za mehanizacijo poljoprivrede, Agronomski fakultet Sveučilišta: 225-234

Slapšak S. 2008. Iz zgodovinske antropologije vsakdana. Oreh. Večer, (30. 10. 2008): 60

Slovenski etnografski muzej. 2013.

<http://www.etno-muzej.si/sl/spletne-zbirke/shranjevanje-sadja/f0000015174> (1. 2. 2013)

Solar A. 1992. Identifikacija kultivarjev oreha (*Juglans regia* L.) na osnovi morfoloških značilnosti in elektroforetskih analiz izoencimov. Magistrsko delo. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 66 str.

Solar A. 1995. Zorenje, bratev in sušenje orehov. SAD, 6, 9: 12-14

Solar A. 2000a. Izbor morfometrijskih in pomoloških kazalnikov za žlahtnjenje oreha (*Juglans regia* L.). Doktorska disertacija. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo: 156 str.

Solar A. 2000b. Osnove in načini sušenja orehov, tehnološki list 2000

<http://www.ssdl.si/index.php?id=3> (20. 8. 2013)

Solar A. 2002. Ustrezno spravilo za kakovost orehovitih in lešnikovih jedrc. Kmečki glas, priloga Brstika, 59, 37: 11-12

Solar A., Pliberšek T., Logar F. 2004. Kakovost strojnega drobljenja plodov pri različnih sortah oreha. V: Zbornik referatov 1. slovenskega sadjarskega kongresa z mednarodno udeležbo, Krško, 24.-26. marec 2004, Ljubljana, Strokovno sadjarsko društvo Slovenije: 311-317

Stančević A. 1975. Orah, leska i badem. Beograd, Nolit: 64 str.

Sušilnica z izrabo sončne energije podjetja SolarWall®

[http://solarwall.com/media/download\\_gallery/cases/Carriere&SonsWalnutDrying\\_SolarWallCropDryingCaseStudy\\_Y02.pdf](http://solarwall.com/media/download_gallery/cases/Carriere&SonsWalnutDrying_SolarWallCropDryingCaseStudy_Y02.pdf) (18.7.2013)

Štampar F., Lešnik M., Verbič R., Solar A., Koron D., Usenik V., Hudina M., Osterc G.  
2005. Sadjarstvo. Ljubljana, Kmečki glas: 416 str.

Thompson J., Osias D., Reiff A. 2010. Walnut Dehydrators. Design and Operation.  
<http://ucce.ucdavis.edu/files/datastore/234-1648.pdf> (16. 7. 2010)

## **ZAHVALA**

Za strokovno pomoč pri izdelavi diplomskega dela se toplo zahvaljujem mentorju prof. dr. Rajku BERNIKU in lektorici Nevi BRUN.

Hvala vsem, ki ste kakorkoli prispevali in mi pomagali pri nastajanju diplomskega dela ter verjeli vame.