

SUDAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

COLLEGE OF GRADUATE STUDIES

**Investigation of the Responses of *Acacia nilotica* (sunt) Wood to Air
Drying and Solar Drying.**

**Thesis Submitted in Fulfillment of the Requirements of the
M.Sc. degree in Forestry.**

By

Sayed Abdallah Othman

Supervisor

Prof. Dr. Tageldin Hussein Nasroun

College of Forestry and Range Science

December. 2014

Table of contents
Contents

	page
Table of contents	i
List of table	iv
Acknowledgement	v
Dedication	vi
Abstract	vii
Arabic abstract	x

CHAPTER ONE

INTRODUCTION.....**1**

1.1 background	1
1.2 Research Problem	3
1.3 Specific Objectives	3

CHAPTER TWO

2. LITERATURE REVIEW	5
2.1 General	5
2.2 Drying methods	7
2.2.1.Air drying	7
2.2.2.Wood-drying kilns	8

2.2.3.Kiln drying schedules-----	9
2.2.4.Solar drying -----	9
2.3 Wood drying theories-----	13
2.4 Factors affecting wood drying-----	14
2.5 Energy requirement for drying timber-----	15
2.6 Benefits of wood drying-----	19
2.7 Drying defects-----	20
-Shrinkage and swelling-----	21
-Warp-----	21
-Rupture of wood tissue-----	23
-Surface checks-----	24
-End checks and Splits-----	24
-Collapse-----	25
-Honeycomb-----	26

CHAPTER THREE

METRIAL and METHODS

3.1 Construction of Dryers-----	28
3.2 Methodology-----	28

CHAPTER FOUR

RESULT AND DISCUSSION

Summer Charge-----	31
Winter Charge-----	33
Drying Defects-----	37

CHAPTER FIVE

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Conclusions-----	38
Recommendations-----	38
REFERENCES-----	39

List of tables

Table 1. variation of temperature and R.H .with time in the three dryers in summer .

Table 2 . variation of moisture content percent with time in summer charge .

Table 3. Average of R.H levels , average temperature , average initial M. C and average final M .C in the different dryers in summer .

Table 4 . Environmental conditions in the three dryers for winter charge.

Table 5 . variation of moisture content with time in the three dryers in winter

Table 6 . Summary of average temperature , R .H and final moisture content for the three dryers in winter charge.

ACKNOWLEDGMENT

First of all thanks to (Allah) the almighty, who gave me health and strength to complete this work.

I would like also to express my appreciation and truthful gratitude to my supervisor Prof. Dr. Tageldin Hussein Nasroun for his close supervision, precious honest guidance, generous assistance and advice throughout the research program with infinite patience. My thanks also extend to Dr. Elamin Elhadi Elamin for helping in the statistical analysis.

Special thanks go to worker Abbas Gorashi for looking after the experiment on the site and helping weighing the samples.

My thanks also go to my deputy Sayed Banga and the rest of the sawmill staff and workers for helping in sawing and stacking the wood.

DEDICATION

To my parents.

To my extremely respected brothers and sisters.

To my beloved family.

Abstract

For many end uses, wood must be formally dried under control to perform satisfactorily. If formal drying is not carried out before the final product is made serious defects will occur in service, often with disastrous result. Wood drying, however, is the most energy intensive of all wood manufacturing processes. Water is removed from wood by supplying a large amount of thermal energy. The different drying methods differ from one another by the source and the methods of supplying the required thermal energy. Solar energy applications began to look more attractive in the past decades. Air (natural) drying is simple and cheap, but it takes a long time and dries timber to equilibrium moisture content only. Kiln drying, on the other hand, is faster and dries wood to any moisture content but is very expensive to install and operate and requires skilled operators. Solar drying is expected to be in the middle and have most of the advantages of the two traditional methods mentioned above. The aim of this investigation is, therefore, to search for relatively simple, cost effective and energy-efficient solar dryers which will speed up air drying with minimum wood degradation. To achieve this goal an air dryer and two greenhouses type solar dryers were constructed. The designs of the two solar dryers were different with regards to the locations and orientation of the collectors, the fans and vents. The three different dryers were constructed at Suki sawmill, Sennar State. They were of wooden frame construction. All walls and roofs of the two solar dryers were made of one layer of transparent plastic sheet. The collectors in the solar dryers consisted of black-painted corrugated zinc absorber plates. The air dryer was a shed with corrugated zinc roof to shade the wood stack but with no side walls in order to facilitate the flow of natural air into the stack. The first solar dryer denoted (S H) had a total area of 4 by 4 meters. The collector was placed above the timber stack and below

the roof. The area of the collector was approximately 12 square meters. The second solar dryer had a low flat collector placed on the dryers floor on the northern side of the timber stack and was denoted (SL). The area of the collector was only 12 square meters. The total area of this dryer was 4 by 6 square meters, running north/south. The research program consisted of two trials (Charges), one in summer and the other in winter. All stacks in all dryers and seasons had east/west orientation. In both charges the stacks in the three dryers consisted of 80 (2" x 4" x 10') sunt (*Acacia nilotica*) boards each. They were stacked in 10 rows with 8 boards in each row. The stickers between the rows were 1.5 inch thick. Three sample boards were selected in each stack for periodic weighing an m.c determination. The initial weight and initial m.c. of each board were recorded and the expected dry weight calculated. Each board was taken out of the stack every three days, weighed and returned to the stack. The dry-bulb and wet-bulb temperatures were obtained and the relative humidity worked out. The moisture content was calculated from weights obtained. In the summer charge solar dryer with high collector (SH) had an average initial m.c. (39.1%) which was approximately equal to that of the air dryer (39%), but the average final m.c. in SH (9.5%) was significantly lower than that of air drying (12.3 %) This was due to the significantly higher temperature in SH and may also be due to the air flow caused by the fans and the location of the vents. However, solar dryer (SL) started with a lower initial m.c. (35.4%), and reached a lower final m.c. (11.2%) than air drying. According to the environmental conditions in the two solar dryers, SH, with lower average temperature and higher average initial m.c. should have had a higher average final m.c. than SL, but the former ended up with a lower average final m.c. than the latter. This may mean that the circulation of the heated air in SL was not directed properly, which in turn may indicate

that the orientation and location of the fans and vents should be adjusted in the coming trials. In the winter charge the progress of drying of samples with initial m.c higher than fiber saturation point in each dryer was followed. The samples comprised the following: Sample B in air drying showed the slowest rate of drying and ended up to 16.2% final m.c after 30 days. Sample A in SH reached a final m.c. of 8.5%, while sample A of SL had 12.3% final m.c. By looking at the samples with the lowest initial m.c in each dryer (sample C in all three dryers) we got a rough estimate of the equilibrium m.c. (EMC) under all three conditions. The EMC of Suki area (from sample C in air drying) was about 8.9%. In solar dryer (SH) EMC was 3.7%, whereas in solar dryer SL it was 6.3%. These results also indicate that the average final m.c. was lowest in case of SH (5.6%), followed by SL (10.4%), and highest in case of air drying (12.6%) this means that the EMC for Suki area in winter is about 8.9% and that the two solar dryers can dry timber to m.c. lower than the equilibrium m.c. of the area.

Key Words: Timber drying – Solar drying – Air drying – Moisture content

بسم الله الرحمن الرحيم

المستخلص

دراسة استجابة خشب السنط (*Acacia nilotica*) للتجفيف الهوائي والتجفيف باستخدام الطاقة الشمسية

لكي يتم استخدام الاخشاب بطريقة مثالية وبدون التعرض لاي عيوب تشغيلية (انشائية)لابد من تجفيفها الي المحتوي الرطوبي المتزن مع البيئة المحيطة بها منعاً لحدوث اي نتائج وخيمة .ان عملية تجفيف الاخشاب من اكثر العمليات استهلاكاً للطاقة من بين عمليات تصنيع الاخشاب الاخري . يتم استخراج الماء من الخشب بتعريضه لدرجة حرارة عالية . وتختلف طرق تجفيف الاخشاب باختلاف مصدر الطاقة وكيفية توزيعها . اصبحت استخدامات الطاقة الشمسية وتطبيقاتها اكثر جاذبية في الاونة الاخيرة . ويعتبر التجفيف الهوائي من اقل انواع التجفيف تكلفة لكنه يستغرق زمناً طويلاً وينتهي الي المحتوي الرطوبي المتزن فقط . وتمتاز افران التجفيف بالسرعة وتجفيف الاخشاب الي اي محتوى رطوبي مرغوب الا انها تحتاج الي تكلفة عالية في الانشاء ومهارة في التشغيل . عليه فان التجفيف عن طريق الطاقة الشمسية يقع في الوسط بين الطريقتين ويحوز علي بعض محاسن كل منهما . يهدف هذا البحث الي ايجاد مجففات طاقة شمسية ذات كفاءة عالية وتكلفة تشغيلية مناسبة تساعد علي زيادة سرعة التجفيف وتقلل من عيوب التجفيف مقارنة مع التجفيف الهوائي . ولتحقيق هذا الهدف تم انشاء مجفف هوائي ومجفف بالطاقة الشمسية من نوع البيوت الزجاجية تختلف في تصميمها من حيث موضع الاسطح الجاذبة للحرارة (collectors) واتجاهها والمرآح ومنافذ خروج الرطوبة الزائدة وكذلك موقعها . تم انشاء المجففات الثلاثة بمنشار السوكي التابع للهيئة القومية للغابات بولاية سنار وهي ذات هياكل خشبية . وتتميز مجففات الطاقة الشمسية بان كل الجدر والاسقف مغطاة بطبقة من البلاستيك الشفاف . وتتكون الاسطح الجاذبة للحرارة في هذه المجففات من صفائح من الزنك المطلي باللون الاسود فيما يتكون المجفف الهوائي من سقف من الواح الزنك لتظليل (الرصة) بدون اي جدر او اغطية جانبية وذلك لتسهيل مرور الهواء الي الخشب . تبلغ مساحة المجفف الاول (S H) 4 x 4 متر مربع ووضع السطح الجاذب للحرارة اعلي الرصة مباشرة وتحت سقف المجفف وتبلغ مساحة السطح حوالي 12 متر مربع . اما المجفف الثاني (S L) فان موضع السطح فيه يقع شمال (الرصة) وعلي ارضية المجفف وتبلغ مساحته 12 متر مربع بينما تبلغ مساحة المجفف 6x4 متر مربع بالطول في اتجاه شمال / جنوب . يتكون البرنامج البحثي من تجربتين الاولى في الصيف والثانية في الشتاء . يختلف الوضع في المجففيين الشمسيين باختلاف الموسم . كل رسات الخشب في المجففات الثلاثة كانت باتجاه شرقي

/غربي خلال الموسمين . تتكون الرصات في المجففات الثلاثة من ثمانين لوحاً لكل مجفف. كل لوح بمقاس 2 بوصة x 4 بوصة x 10 قدم من اخشاب السنط . تم رصها في 10 صفوف كل صف يتكون من ثمانية الواح يفصل بين هذه الصفوف حوامل (stickers) بسمك 1.5 بوصة . تم اختيار ثلاثة عينات من الالواح لكل رصة وذلك بغرض سحبها كل ثلاثة ايام لوزنها واعادتها الي الرصة وحساب المحتوى الرطوبي من هذه الاوزان . تم تحديد وتسجيل الوزن الاولي لكل عينة وكذلك المحتوى الرطوبي الاولي لكل عينات الاختبار . تم حساب الوزن الجاف المتوقع لكل عينة كما تم تسجيل القراءات لدرجات حرارة كل من المحرار الجاف والمحرار المبتل وتم حساب الرطوبة النسبية منها. تم حساب المحتوى الرطوبي من الاوزان التي تم الحصول عليها من تجربة الصيف. كان متوسط المحتوى الرطوبي الاولي في المجفف (S H) 39.1% ابتداءً مما جعله مساويا تقريبا للمحتوي الرطوبي للمجفف الهوائي 39% ولكن متوسط المحتوى الرطوبي النهائي للمجفف (S H) (9.5 %) كان اقل معنوياً من متوسط المحتوى الرطوبي النهائي للمجفف الهوائي (12.3 %) ويعزي ذلك لارتفاع درجة الحرارة في المجفف (SH) ولتأثير المراوح في دفع الهواء الساخن الي كومة الخشب وكذلك لموضع الفتحات . بدأ المجفف (S L) بمحتوي رطوبي اولي اقل من (35.4) وانتهي بمتوسط محتوى رطوبي نهائي (11.2) . نجد ان في المجفف (S H) كان متوسط درجة حرارته اقل ومتوسط الرطوبة النسبيه فيه اعلي مما في (S L) وعليه كان المتوقع ان تكون المحصلة النهائية الحصول علي محتوى اعلي من (S L) ولكن المجفف (S H) انتهى بمتوسط محتوى رطوبي نهائي اقل من الاخر وربما يعزي ذلك الي ان حركة الهواء في المجفف (S L) لم تكن موجة بطريقة صحيحة ويشير ذلك الي ان اتجاه ومواقع المراوح والمنافذ ربما احتاجت الي تعديل في التجارب القادمة . بالنسبة لتجربة الشتاء فقد تمت متابعة تجفيف العينات ذات المحتوى الرطوبي الاولي العالي - اعلي من نقطة تشبع الالياف والعينات القريبة من نقطة تشبع الالياف كل علي حده وكانت نتائج العينات ذات المحتوى الرطوبي الاولي العالي كالآتي :كانت العينة B في المجفف الهوائي الاقل سرعة في التجفيف حيث انتهى المحتوى الرطوبي لها في 16.2% كمحتوي رطوبي نهائي وذلك بعد ثلاثين يوماً من بداية التجربة . العينة A في المجفف (S H) وصلت الي محتوى رطوبي نهائي 8.5% في حين وصلت العينة A في المجفف (S L) الي 12.3% محتوى رطوبي نهائي في المدة نفسها . وبالنظر للعينات التي بدأت بالمحتوي الرطوبي الاولي المنخفض (العينات C في كل المجففات) نستخلص بطريقة تقريبية المحتوى الرطوبي المتزن بالنسبة للثلاثة حالات . من خلال العينة C في المجفف الهوائي نجد ان المحتوى الرطوبي المتزن لمنطقة السوكي في فصل الشتاء حوالي 8.9% . وفي المجفف (S H) كان المحتوى الرطوبي المتزن هو 3.7% في حين كان في المجفف (S L) 6.3% وكان متوسط المحتوى الرطوبي النهائي اقله في المجفف (S H) 5.6% يليه المجفف (S L) 10.4% واعلاه في

المجفف الهوائي 12.6% ويشير ذلك الي ان المحتوي الرطوبي المتزن لمنطقة
السوكي في فصل الشتاء هو 8.9% وعليه فان المجففين الشمسيين لهما القدرة علي
تجفيف الاخشاب الي محتوى رطوبي اقل من المحتوي الرطوبي المتزن للمنطقة .