Dedication

To: Mother.

and Father.

and my, beloved family.

TO:

the pure spirit of the teacher: Khaled Abdel-Aziz.

We will not forget and to live in us forever.

To those who shared my way

my friends.

Acknowledgments

Grapple with the characters and overcome feelings of words and their tongues to provide thanks and recognition to all who helped me to complete this research and humble thanks to the beginning and backwards to praise the owner of my entire Lord in glory

And then to set an example of science and perseverance, my mentor:

Dr. Farouk Idris Habbani

And the Ministry of Energy and Mining represented by:

Mr. Bilal Suleiman Ganim

Mr. Abd albaset Mohammed El-faki

And to the National Electricity Corporation represented by:

Mr. Abas Abd alrasoul

Sudan Atomic Energy Commission, represented by the General Director:

Prof. Mohammed Ahmed Hassan Altaib

And to the staff

At my University:

For providing me a place to study

To all of you many thanks and deep gratitude

Abstract

Energy is the prime mover in all development processes required by the States, and ways to provide and access is a concern for the whole world, whether it was in the major industrialized countries or developing countries.

The process of sustainable development requires proper planning of energy supply from various sources optimally, which take into account the efficiency of energy production and distribution and rational use in different aspects, taking into account the conservation of the environment in particular.

This includes research on sex chapters. In the first chapter we review the role of nuclear energy in sustainable development in an attempt to clarify the importance played by it environmentally and economically, as we review the number of countries that fought in this area in an attempt to describe the extent of benefit which can be accessed from the various aspects of development. This raises the level of individuals, who work to build a new generation of development and keep working to solve the existing problems such as environmental pollution, which works to reduce the level to live in a healthy environment.

In chapter two, the essence of nuclear energy and ways to get it was explained, by with a focus on nuclear fission, and the best ways to get it and benefit from it. As the computer plays a key role in the conceptualization of the amount of gain and loss, operating and maintaining nuclear facilities so some of the basics used in modeling computing was addressed, with an explanation of the relations of the physical underpinnings, and some of the ways of computing used in reactors, such as calculating the cross sections of the interactions and determining the amount of energy obtained with an indication of the concepts of physics that underlie the computer

operations, Also types of nuclear reactors were given from several different areas, with an emphasis on research reactors and power reactors.

The thesis explains the various types of nuclear power reactors that are available. Those reactors widely vary in their technical design, performance, and safety features, fuel used and site conditions. In addition to that the financing requirements vary from one vendor to the other. Further, the licensing requirements of the vendor's country vary from one country to the other. These variations make it necessary to survey the market properly to find out the best nuclear power plant type that is suitable for Sudan. The work will be carried out by the NEPIO, the implementing organization, with the aid of appropriate consultants.

In Chapter Three a background about Sudan, is given with an explanation of the development efforts in the country, and a statement about its quest for its first nuclear power reactor to produce electricity.

Chapter four talks about the software in the plans of electricity generation followed by the National Electricity Corporation of Sudan.

Chapter five talks about the results and discussion.

In Chapter Six a conclusion and recommendations are given.

ملخص البحث

تعتبر الطاقة المحرك الاساسي في كل عمليات التنمية التي تحتاجها الدول، وطرق توفيرها والحصول عليها يعتبر هاجس للعالم ككل سواء إذا كان في الدول الصناعية الكبري او الدول النامية.حيث إن عملية التنمية المستدامة تتطلب التخطيط السليم لإمداد الطاقة من مصادرها المختلفة بالصورة المثلي التي تراعي كفاءة إنتاج وتوزيع الطاقة وترشيد استخدامها في الأوجه المختلفة مع الأخذ في الإعتبار المحافظة علي البيئة بصفة خاصة.

يشتمل هذا البحث علي ستة أبواب،في الباب الأول نستعرض دور الطاقة النووية في التنمية المستدامة في محاولة لتوضيح الأهمية التي تلعبها بيئياً و إقتصادياً ،كما نستعرض عدد الدول التي خاضت في هذا المجال في محاولة لبيان مدي الإستفادة التي من الممكن الوصول إليها من نواحي تنموية وثقافية ترفع من مستوي الأفراد مما يعمل علي بناء جيل جديد يواكب التطور ويعمل علي حل المشاكل القائمة مثل التلوث البيئي الذي يعمل علي تقليل نسب العيش بصورة صحية سليمة.

في الباب الثاني،توضيح لماهية الطاقة النووية وطرق الحصول عليها مع التركيز علي الإنشطار النووي وأفضل السبل للحصول عليه والإستفادة منه.وبما أن الحاسوب يلعب دوراً أساسياً في وضع تصور لمقدار الكسب والخسارة و التشغيل والمحافظة علي المنشأت النووية لذلك قمت بتوضيح بعض الأساسيات المتبعة في وضع النماذج الحوسبية مع توضيح للعلاقات الفيزيائية التي تقوم عليها،مع توضيح لبعض الطرق الحوسبية المتبعة في المفاعلات بحساب مقطع التفاعل وقياس كمية الطاقة المتحصل عليها مع بيان للمفاهيم الفيزيائية التي تقوم عليها العمليات الحاسوبية.كما يوضح انواع المفاعلات النووية من عدة نواحي مختلفة،مع التركيز علي المفاعلات البحثية ومفاعلات الطاقة.

ويوضح البحث ان مفاعلات الطاقة النووية المتوفرة تختلف اختلافاً كبيراً في تصميمها التقني والادائي ومزايا السلامة، وانواع الوقود المستخدم وظروف الموقع. بالإضافة ألي إختلاف إحتياجات التمويل وشروط الترخيص حيث تختلف من بلد إلي آخر. هذه الإختلافات تجعل من الضروري دراسة السوق بتمعن لمعرفة أفضل محطة للطاقة النووية تصلح لتوليد الطاقة الكهربائية في السودان.

الباب الثالث يتحدث عن السودان وتاريخه التنموي مع توضيح للجهود السودانية وبيان لسعيها للحصول علي أول مفاعل نووي لإنتاج الكهرباء من حيث معدلات الانتاج للكهرباء حاليا ونموذج للمقدار المتوقع الحصول عليه من المفاعل.

الباب الرابع يتحدث عن البرامج الحوسبية في خطط التوليد الكهربائي التي تتبعها الهيئة القومية للكهرباء السودانية.

الباب الخامس يتحدث عن النتائج المستخلصة من البحث والمناقشة.

الباب السادس عبارة عن عرض وتحليل وتوصيات لما سبق ذكره.

CONTENTS

List of Figures

LIST OF FIGURES

List of Tables

LIST OF TABLES

xvii

xviii

List of Abbreviations

List of Abbreviations

International Atomic Energy Agency IAEA

International Energy Agency IEA

Organization for Economic Cooperation and development OECD

Nuclear energy System NES

International Thermonuclear Experimental Reactor IIER

Low – enriched Uranium LEU

High – enriched Uranium HEU

Nuclear Bower NB

Pressurized Water Reactor PWR

Veda-Vodyanoi Energetichesky Reactor VVER

Boiling Water Reactor BWR

Pressurized Heavy Water Reactor PHWR

Canadian Deuterium Uranium CANDU

Fast Neutron Reactor FNR

Gas Cooled Reactors GCRs

Advanced Gas Cooled Reactors AGR

Light Water Graphite Reactor LWGR

Fast Breeder Reactor FBR

Global Nuclear Energy Partnership GNEP

High Temperature gas cooled Reactors HTGRs

Steam Generating Heavy Water Moderated Reactor SGHWR

Heavy Water Moderated Boiling Light Water Cooled Reactor HWLWR

High Temperature Gas Cooled Graphite Moderated Reactor HTGR

Heavy Water Moderated Gas Cooled Reactor HWGCR

Liquid Metal Fast Breeder Reactor LMFBR

Pebble Bed Modular Reactor PBMR

Gas Turbine Modular Helium Reactor GT-MHR

Economic and Simplified Boiling Water Reactor ESBWR

Atomic Energy of Canada LTD AECL

Supercritical Water Cooled Reactor SWCR

xix

Molten Salt Breeder Reactor MSBR or MSR

Gas Cooled Fast Reactor GCFR

Lead Cooled Fast Reactor LCFR or LFR

Sodium Cooled Fast Reactor SCFR or SFR

Very High Temperature Gas Cooled Reactor VHTR

Geological Research Association of Sudan GRAS

Sudan Atomic Energy Commission SAEC

Nuclear Power Programme NPP

Nuclear Regulatory Body NRB

Nuclear Energy System Assessment NESA

Model for Analysis of Energy Demand MAED

Model of Energy Supply Strategy Alternative and Their General Environmental Impacts MESSAGE

Wien Automatic Systematic System Planning Package WASP

Financial Analysis of Electric Sector Expansion plans FINPLAN

Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generation SIMPACTS

Indicators for sustainable Energy Development ISED

International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel cycle. INPRO

Generation IV International Forum GIF

Monte Carlo MC

Burnable poison BP

Burnable poison Compact BPC

Gross Domestic Product GDP

Comprehensive Peace Agreement CPA

Multiplate Slab Geometry MTR

Oak Ridge National Laboratory ORNL

Millennium Development Goals MDGs

Atomic Vapor Laser Isotope Separation AVLIS or SILVA

Molecular Laser Isotope Separation MLIS or MOLIS

Electromagnetic Isotope Separation EMIS

Chemical Reactor by Isotope Selective Laser Activation CRISLA

xx

High level waste HLW

Low and intermediate level waste LILW

Very low level waste VLLW

Exempted waste EW

Low and Intermediate Level and short-lived waste LILW-SL

Radioactive waste management RWM

Design basis threat DBT