تحسين كفاءة الانتاج في محطات توليد الكهرباء

Economic And Social Commission For Western Asia

ورشة العمل التدريبية

كفاءة الطاقة في أنظمة انتاج ونقل وتوزيع الكهرباء

الدكتور المهندس وليد الدغيلي
استشاري الاسكوا

UNITED NATIONS
الاسكوا
ESCWA

عمان-المملكة الأردنية الهاشمية
4 و 5 أيلول/سبتمبر 2016

المحتويات

أولاً- ضرورة تحسين كفاءة توليد الكهرباء في الدول العربية.

ثانياً- المحددات والعوامل المؤثرة في كفاءة توليد الطاقة الكهربائية.

ثالثاً- تحسين الكفاءة على مستوى التخطيط والتصميم.

رابعاً- تحسين الكفاءة على مستوى التشغيل والصيانة.

خامساً- عملية الاحتراق: كفاءة الاحتراق وتجهيزات الاحتراق والتكنولوجيات المستخدمة.

سادساً- الخلاصة.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission.

أولاً- ضرورة تحسين كفاءة توليد الكهرباء في الدول العربية

خصائص قطاع توليد الكهرباء في الدول العربية : **مؤشرات:**

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

مؤشرات

- مصادر الطاقة:

@- الوقود الأحفوري: 41.55 % من الاحتياطي العالمي من النفط و الغاز،و 24.48 % من الأنتاج العالمي .

@- ثراء واضح في الطاقة الشمسية، وفي بعض المناطق أيضاً طاقة الرياح.

-استهلاك الطاقة الكهربائية:

@- معدل استهلاك الفرد العربي من **الطاقة الكهربائية** في العام 2014 : حدود 2840 كيلووات ساعة سنوياً ك.و.س //16840 في قطر و15878 ك.و.س في الكويت) اليمن (273 ك.و.س) والسودان (317 ك.و.س)، (المستفيدين من الكهرباء: 52% في اليمن و31% في السودان)

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

معدلات الزيادة السنوية في الطلب على الطاقة الكهربائية في السنوات الماضية (%)		
الأرقام بعد تصويبها	الأرقام المسجلة	الفترة
7.91	7.61	2009 - 2008
7.08	7.13	2010 - 2009
5.90	5.84	2011 - 2010
6.80	6.70	2012 - 2011
3.34	3.30	2013 - 2012
7.07	7.33	2014 - 2013
معدل 6.1%		2013- 2008
معدل 6%		2014 - 2009

التوقعات السابقة لمعدلات الزيادة السنوية في الطلب على الطاقة الكهربائية

توقعات العام	عن الفترة	الزيادة السنوية (%)
2008	2013 - 2009	10.80
	2018 - 2013	5.80
2009	2015 - 2010	8.70
	2020 - 2015	6.30
2010	2015- 2011	10.30
	2020 - 2015	6.40
2011	2016 - 2012	9.70
	2020 - 2016	6.20
2012	2018 - 2013	7.50
	2023 - 2018	6.00
2013	2019 - 2014	6.40
	2024 - 2019	5.60
2014	2020 - 2015	6.70
	2025 - 2020	5.60

توقعات نمو الطلب على الطاقة الكهربائية في السنوات القادمة

@ **ستة بالمائة سنوياً** خلال الفترة 2014 -2020.
@@ **خمسة ونصف بالمائة سنوياً** خلال الفترة 2020 – 2025
@@@ **خمسة بالمائة سنوياً** خلال الفترة 2025 – 2030

في العام 2020	**1503 ألف جيغاواط ساعة**
في العام 2025	1965 ألف جيغاواط ساعة
في العام 2030	2508 ألف جيغاواط ساعة

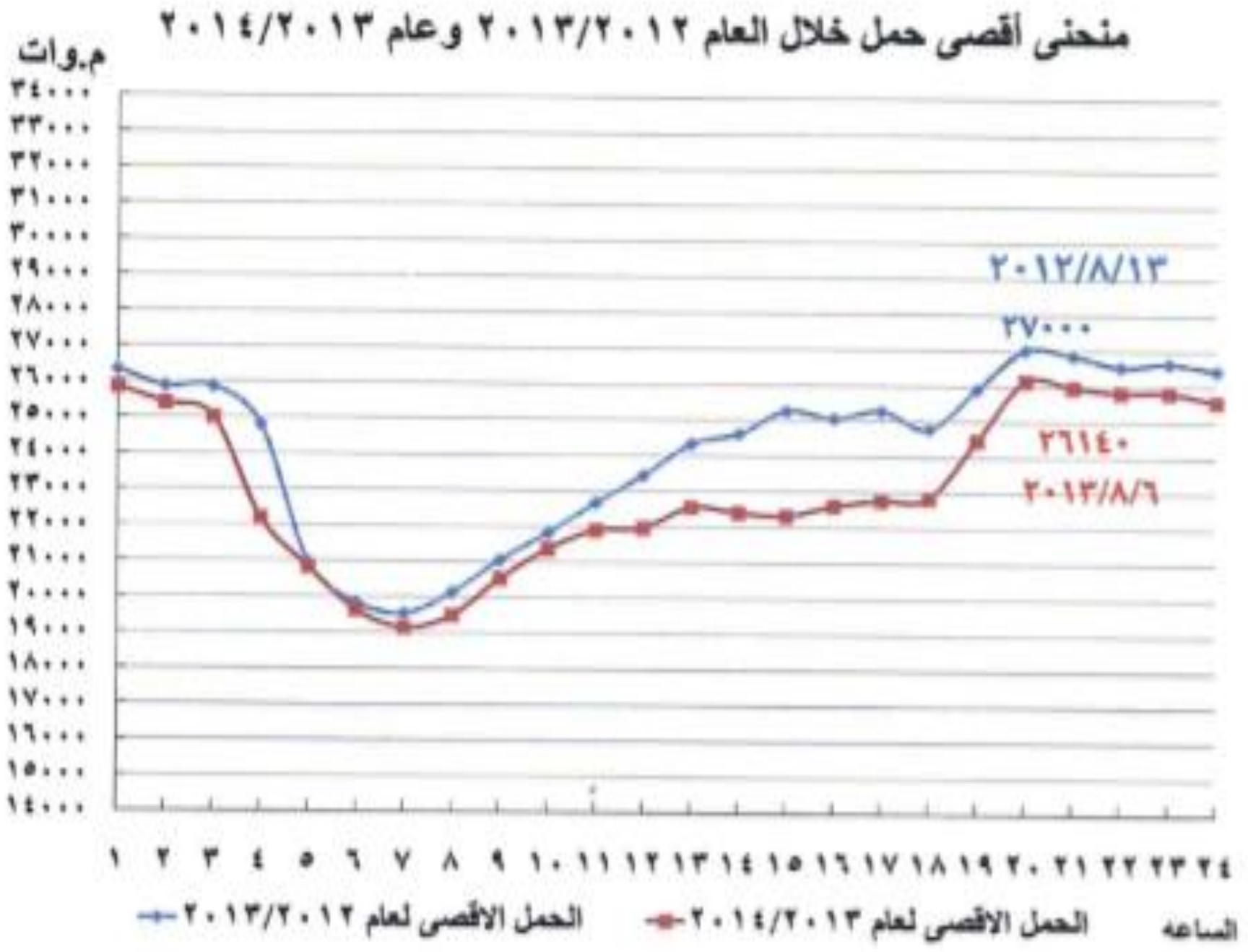
الطلب على الطاقة الكهربائية في السنوات القادمة

@-استمرار التزايد في الطلب على الطاقة الكهربائية مستقبلاً: (سد العجز الحالي- كهربة الريف - تحسن مستويات المعيشة - النقل العام والسيارات الكهربائية - انتاج المياه – تطبيقات الطاقة المتجددة - تعرفات الكهرباء المدعومة...

@-ضغوط ضخمة على الموازنات لتمويل تجهيز محطات لتوليد الكهرباء والشبكات .

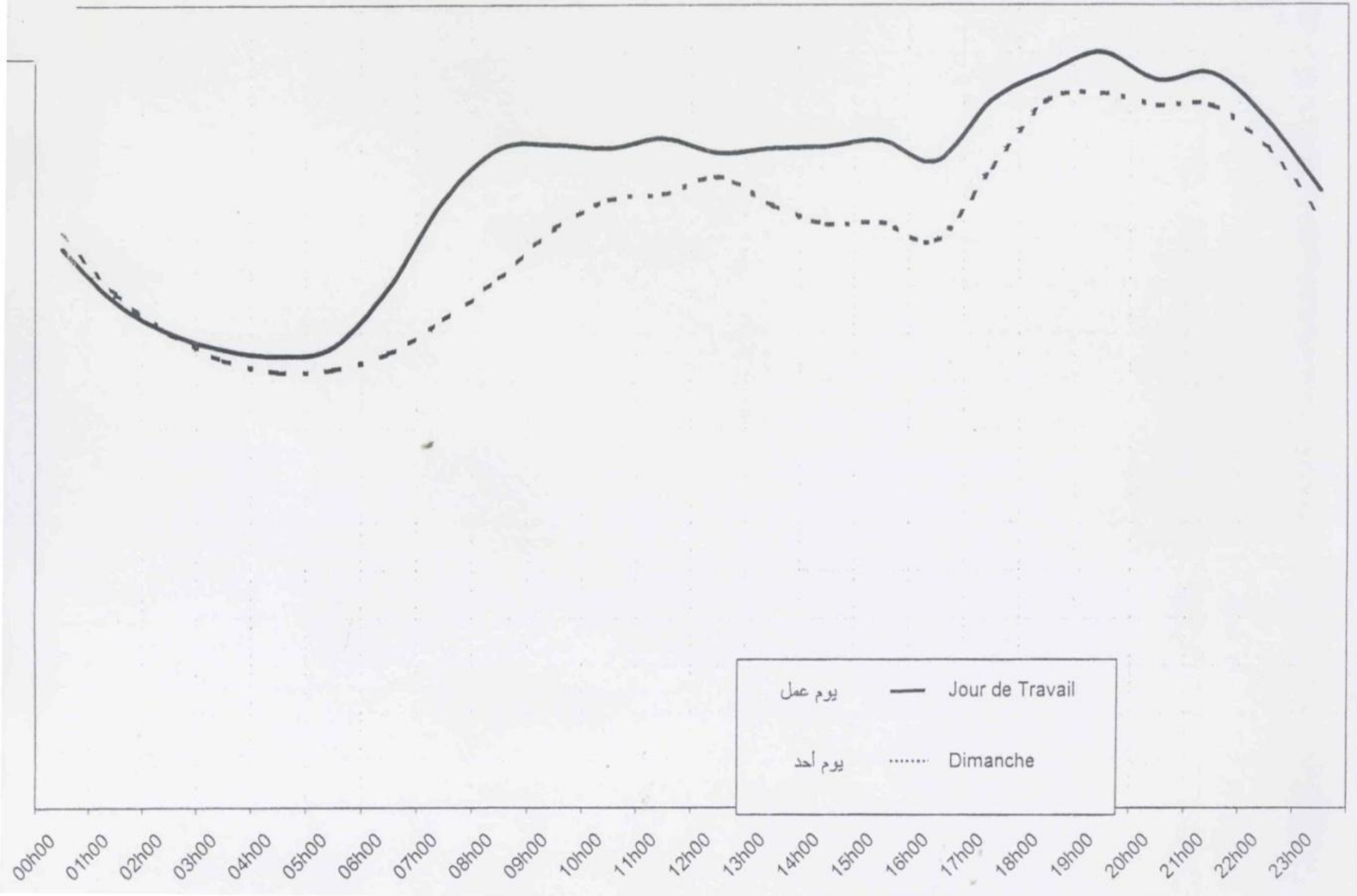
@-الحاجة لتحسين كفاءة الطاقة الكهربائية

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission


منحنى أقصى حمل خلال العام ٢٠١٢/٢٠١٣ وعام ٢٠١٣/٢٠١٤
م.وات
٣٤٠٠٠
٣٣٠٠٠
٣٢٠٠٠
٣١٠٠٠
٣٠٠٠٠
٢٩٠٠٠
٢٨٠٠٠
٢٧٠٠٠
٢٦٠٠٠
٢٥٠٠٠
٢٤٠٠٠
٢٣٠٠٠
٢٢٠٠٠
٢١٠٠٠
٢٠٠٠٠
١٩٠٠٠
١٨٠٠٠
١٧٠٠٠
١٦٠٠٠
١٥٠٠٠
١٤٠٠٠
٢٠١٢/٨/١٣
٢٧٠٠٠
٢٦١٤٠
٢٠١٣/٨/٦
١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ ١١ ١٢ ١٣ ١٤ ١٥ ١٦ ١٧ ١٨ ١٩ ٢٠ ٢١ ٢٢ ٢٣ ٢٤
الساعه
الحمل الأقصى لعام ٢٠١٣/٢٠١٢
الحمل الأقصى لعام ٢٠١٤/٢٠١٣

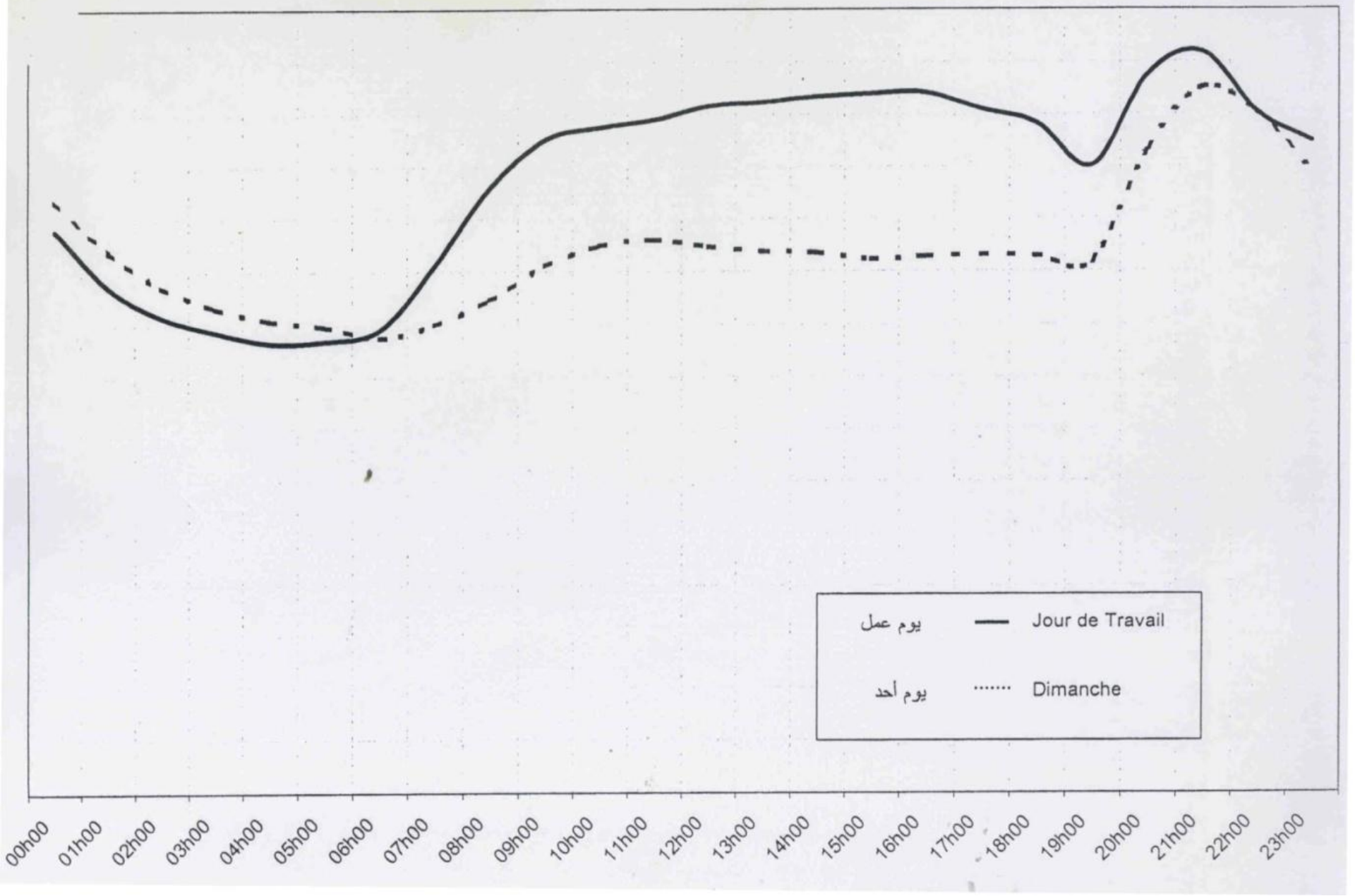
Courbes de Charge estimées
hiver

منحنيات الأستهلاك المقدرة
الشتاء

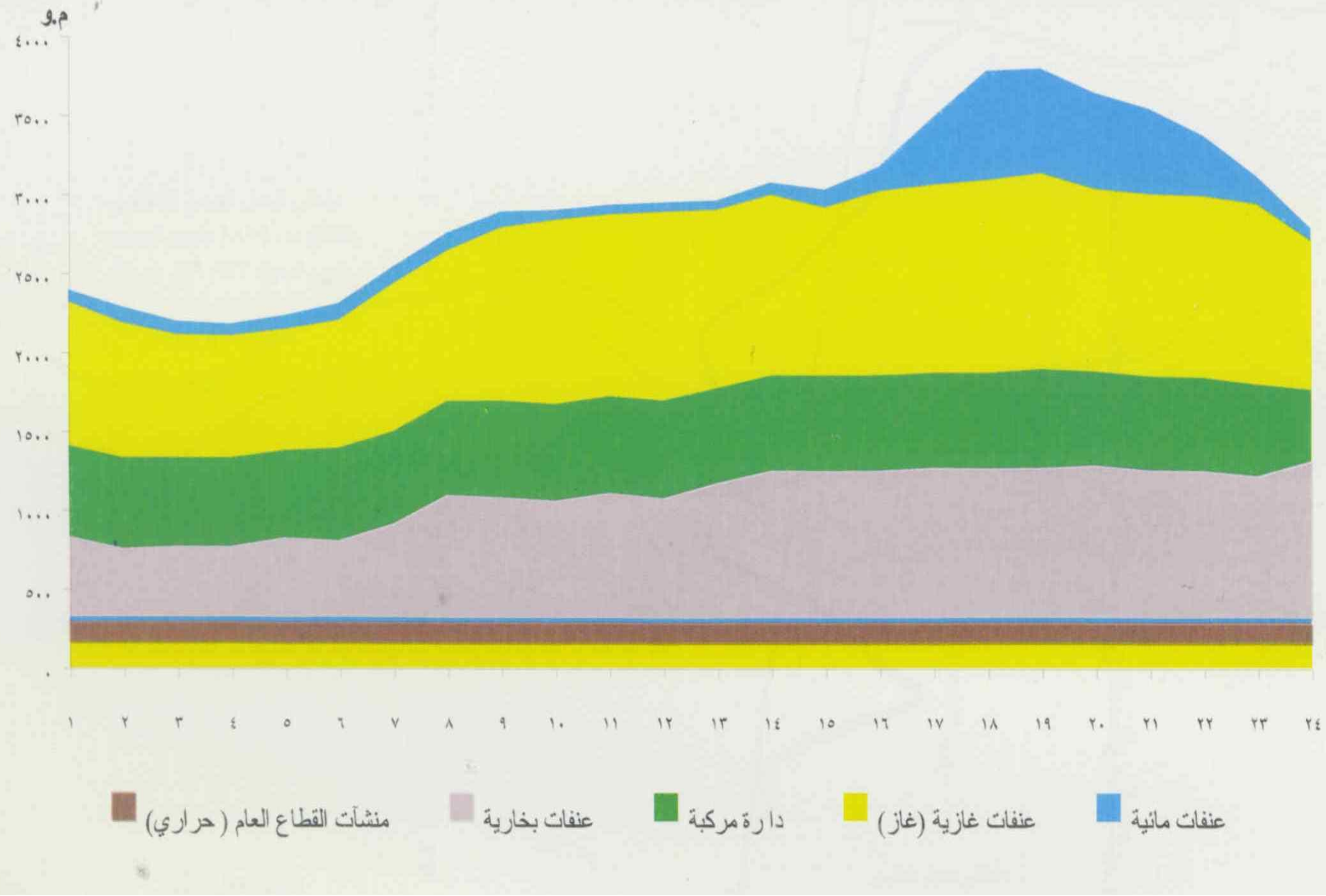


Courbes de Charge estimées
été

منحنيات الأستهلاك المقدرة
الصيف

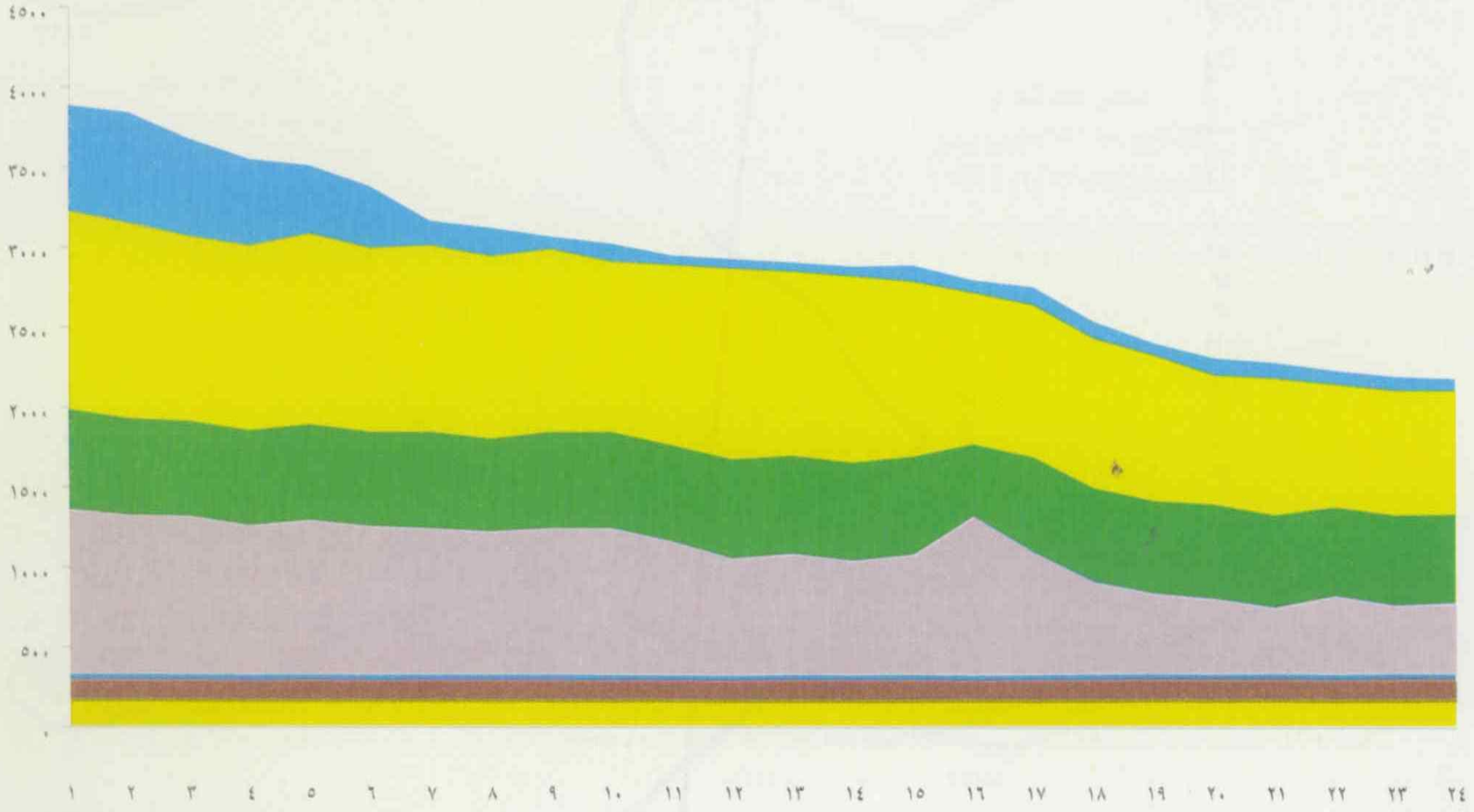


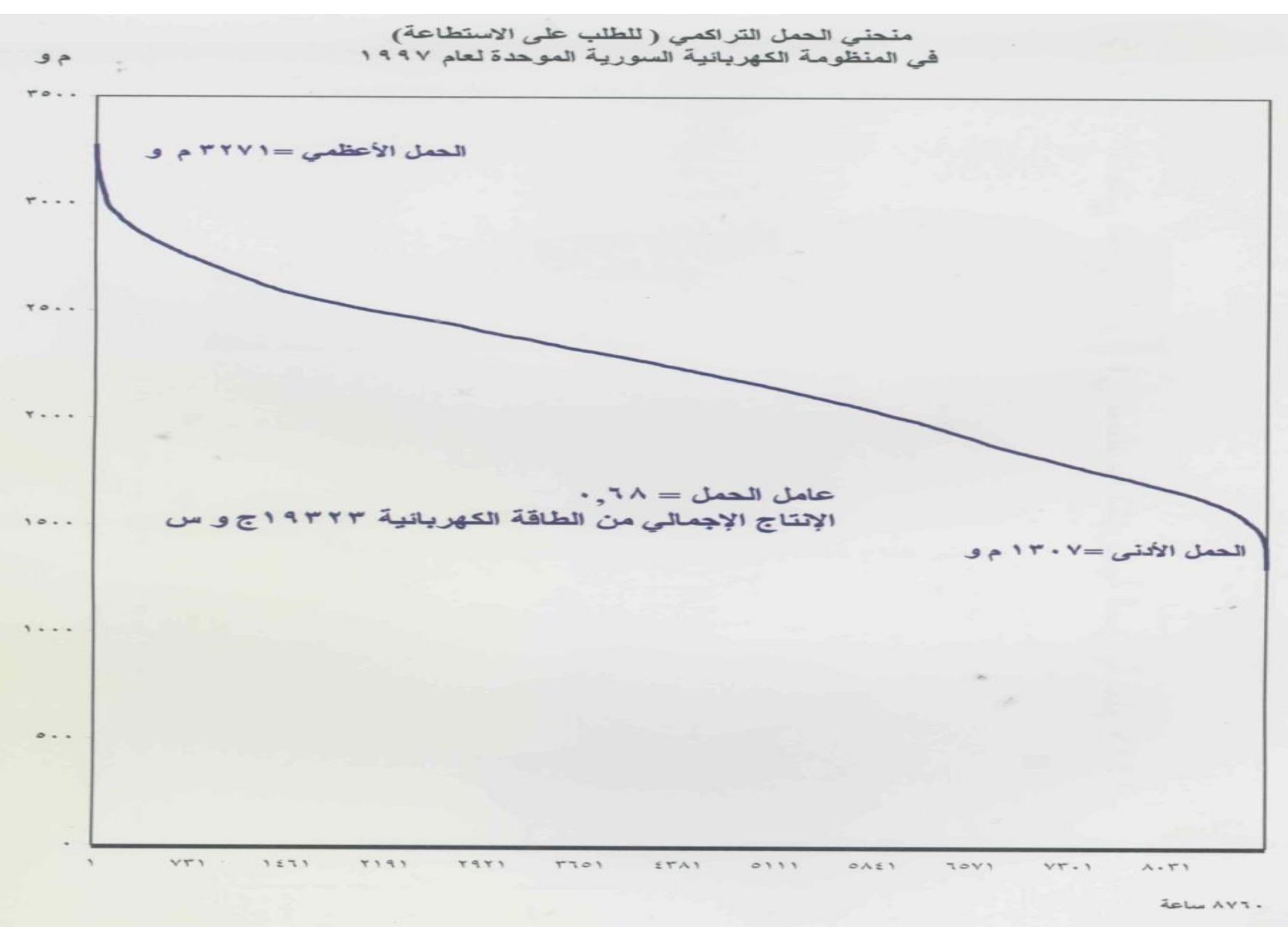
تحليل لمنحني حمل الذروة اليومي لعام ١٩٩٩ في ٨ /١٢/ ١٩٩٩



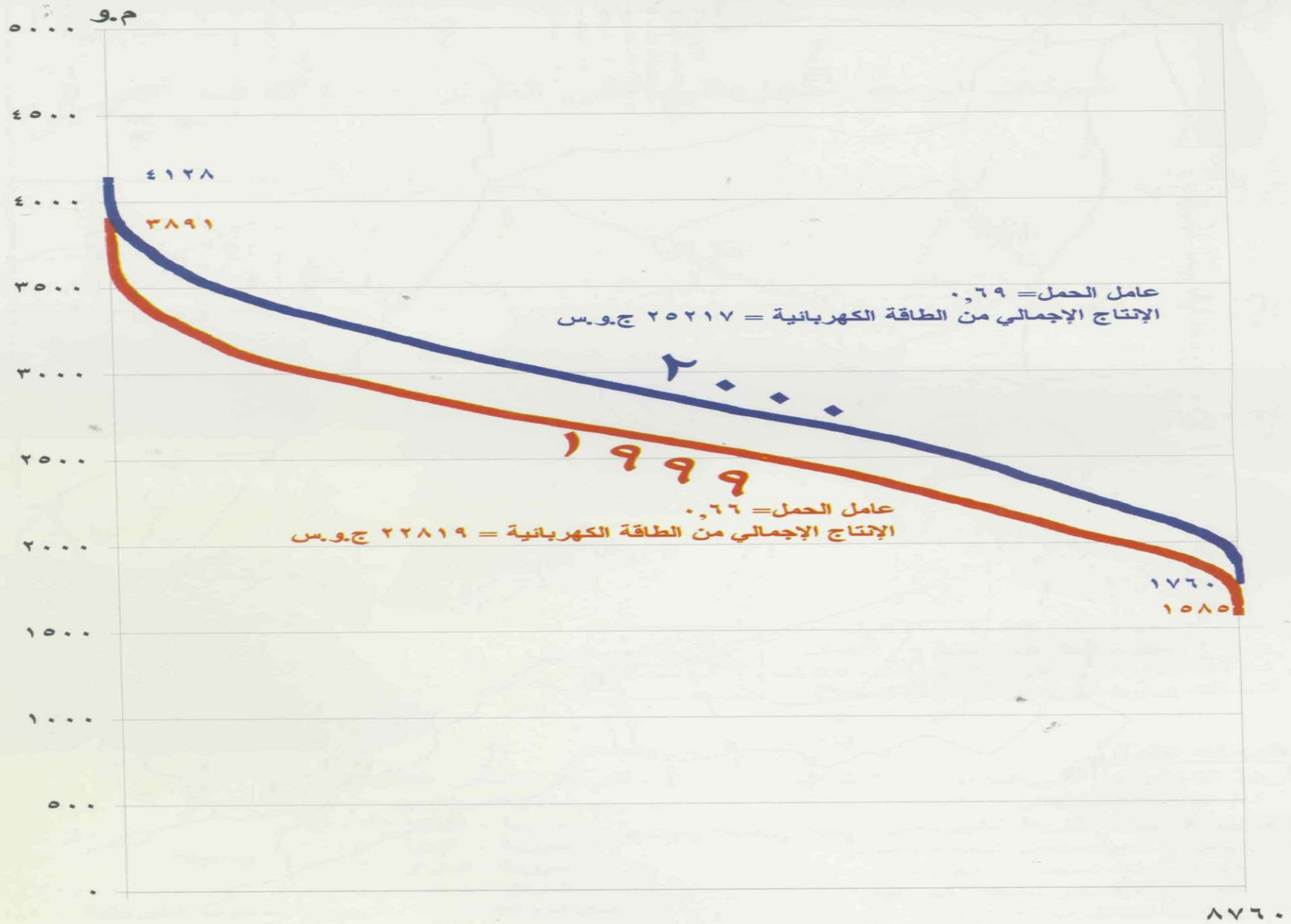
منحني الحمل التراكمي ليوم حدوث الذروة ٨ /١٢/ ١٩٩٩

م.و




منحني الحمل التراكمي (للطلب على الاستطاعة)
في المنظومة الكهربائية السورية الموحدة لعام ١٩٩٧
م و
٣٥٠٠
٣٠٠٠
٢٥٠٠
٢٠٠٠
١٥٠٠
١٠٠٠
٥٠٠
٠
الحمل الأعظمي =٣٢٧١ م و
عامل الحمل = ٠,٦٨
الإنتاج الإجمالي من الطاقة الكهربائية ١٩٣٢٣ج و س
الحمل الأدنى =١٣٠٧ م و
١
٧٣١
١٤٦١
٢١٩١
٢٩٢١
٣٦٥١
٤٣٨١
٥١١١
٥٨٤١
٦٥٧١
٧٣٠١
٨٠٣١
٨٧٦٠ ساعة

منحنيات الحمولة التراكمية في المنظومة الكهربائية السورية الموحدة



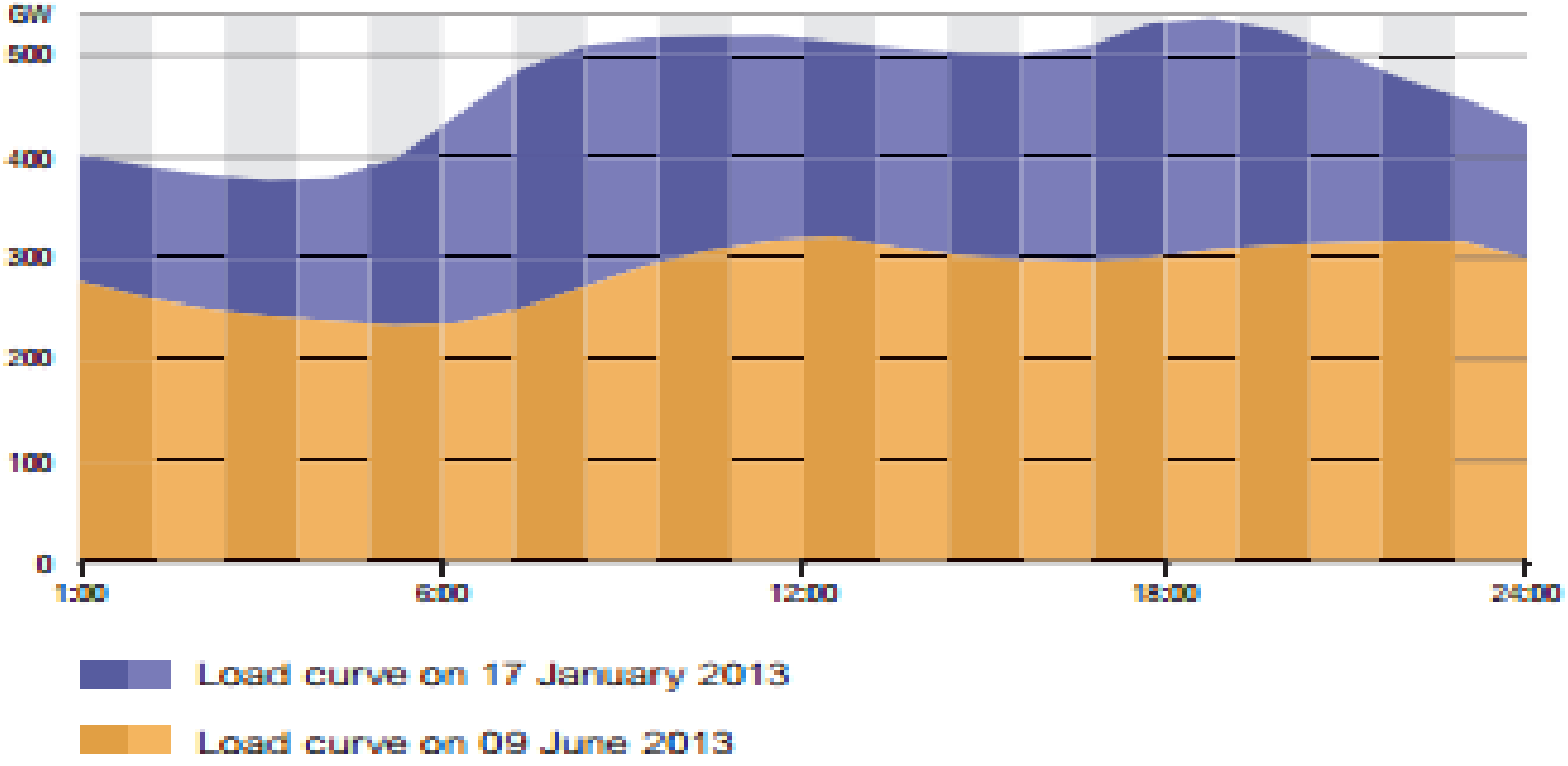
عامل الحمل و عامل السعة للشبكات الكهربائية العربية

الدولة	عامل الحمل 2014	عامل السعة 2014
	Load factor	Capacity factor
	W/	W/
	Pmax x 8760	Pins x 8760
الأردن	0.7118	0.4979
الإمارات العربية المتحدة*	0.5978	0.4586
البحرين	0.5888	0.4728
المملكة العربية السعودية	0.6295	0.5434
السودان	0.6043	0.4133
سورية	0.4483	0.2879
العراق	0.5473	0.3990
عُمان	0.5825	0.4027
فلسطين	0.0464	0.3800
قطر	0.6118	0.4710
* بعض الأرقام تقديرية		

الدولة	عامل الحمل 2014	عامل السعة 2014
	Load factor	Capacity factor
	W/	W/
	8760 x Pmax	Pins x 8760
الكويت	0.5992	0.4731
لبنان	0.4570	0.5246
مصر	0.7105	0.5949
اليمن	0.4494	0.4018
تونس	0.4637	0.3779
الجزائر	0.6321	0.4328
ليبيا *	0.6568	0.4529
المغرب	0.5717	0.3981
المجموع	N.A	0.4810
* بعض الأرقام تقديرية		

ENTSO-E peak load 2013

ENTSO-E load diagram on the days of the highest and lowest load values [1,2]



أوقات ذروة أستهلاك الكهرباء في الدول العربية

2014			2013			
التوقيت GMT	التاريخ	التوقيت المحلي	التوقيت GMT	التاريخ	التوقيت المحلي	الدولة
15:25	28/12	17:25	16:10	17/12	18:10	الاردن
11:30	10/07	15:30	12:39	06/08	16:39	ا.ع.م.
	25/08		11:39	04/09	14:39	البحرين
13:30		14:30	12:30	29/07	13:30	تونس
14:30	11/08	15:30	20:00	07/08	21:00	الجزائر
16:30	18/02	18:30	15:00	24/01	17:00	سوريا
			11:00	*25/07	15:00	عمان
12:15	07/09	15:15	11:04	18/08	14:04	قطر
11:30	11/06	14:30	11:30	17/07	14:30	الكويت
12:00	31/08	15:00				م.ع.س.
17:00	06/08	20:00	18:00	*16/07	21:00	مصر
21:30	27/08	21:30	21:00	09/07	21:00	المغرب

ود

توليد الطاقة الكهربائية

محطات التوليد الحرارية 95% من القدرة الإجمالية المركبة،(الغاز والنفط 94% والفحم الحجري 1%)، (بخاري: غلزي: دارة مركبة: والمحطات المائية 4,4% ، الطاقة المنتجة في المحطات الحرارية بحدود 96% (حصة الفحم الحجري 1.5 % الغاز: 57.5 النفط: 36.5)

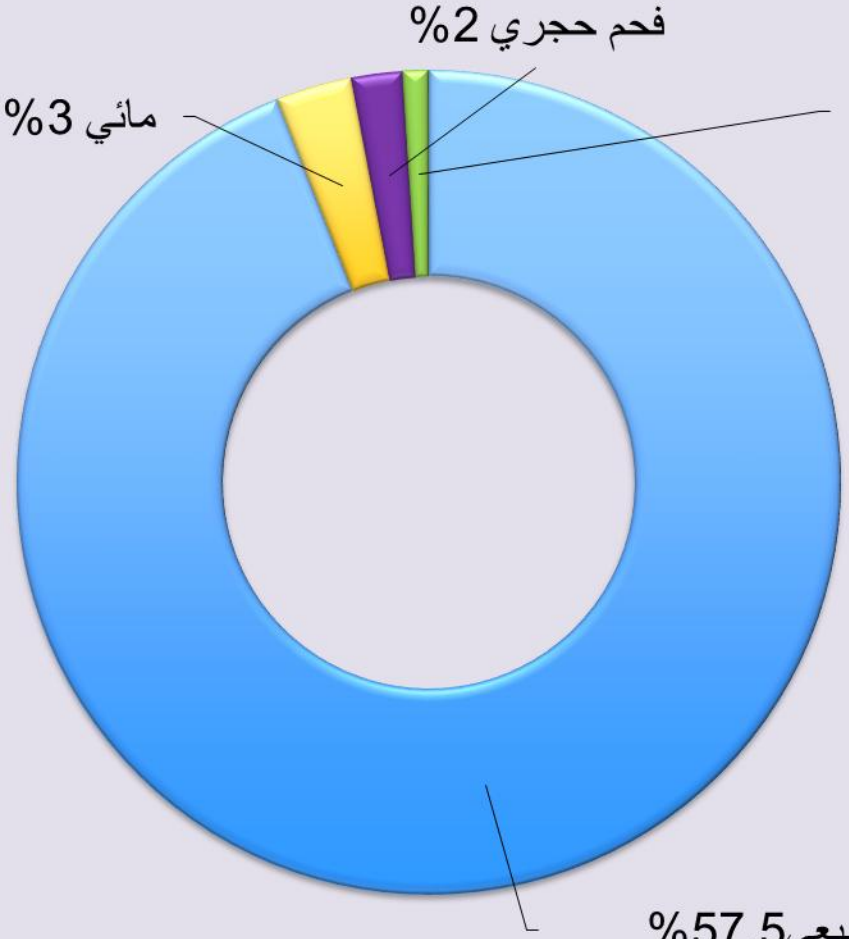
مساهمة الطاقة المتجددة:

العام 2014: 3.83% (2.97 % من المحطات المائية التي تتواجد فقط في تسع دول عربية، و 0,36% من مزارع الرياح و0,50 % من الطاقة الشمسية من أصل إجمالي كميات الطاقة الكهربائية المولدة)

العام 2013: 4.39% بفضل الطاقة المائية بصورة أساسية (3.46% المحطات المائية، 0.28 % مزارع الرياح و0.73 % الطاقة الشمسية).

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

توليد الطاقة الكهربائية



العالم

نفط 5%
غاز طبيعي 22%
فحم حجري 39%
نووي 11%
مائي 17%
مختلف 6%

كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية

@- تراوحت كفاءة محطات الإنتاج الحرارية في البلدان العربية بين 25.6 في المائة في العراق وحدود 42 % في مصر وتونس.

@- يعود الارتفاع النسبي للكفاءة في مصر إلى وجود قدرات إفرادية عالية، وإلى استعمال مولدات الدورة المركبة حيث يمكن ان تبلغ كفاءة التوليد بواسطة الدورة المركبة الستين في المائة، وإلى استعمال الغاز الطبيعي .

@- تدني مستوى الكفاءة في محطات التوليد الحرارية عامة : المعدل حوالي 36%

@-كفاءة التوليد والفواقد على الشبكات: معدل كفاءة النظام الكهربائي 31%

المصدر: GE Energy, GE Power Systems. *Advanced Technology Combined Cycles*.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

ثانياً- المحددات والعوامل المؤثرة في كفاءة توليد الطاقة الكهربائية

- مبدأ عمل الشبكات الكهربائية: التوازن اللحظي بين الانتاج والاستهلاك / استقرار الذبذبة (التردد).

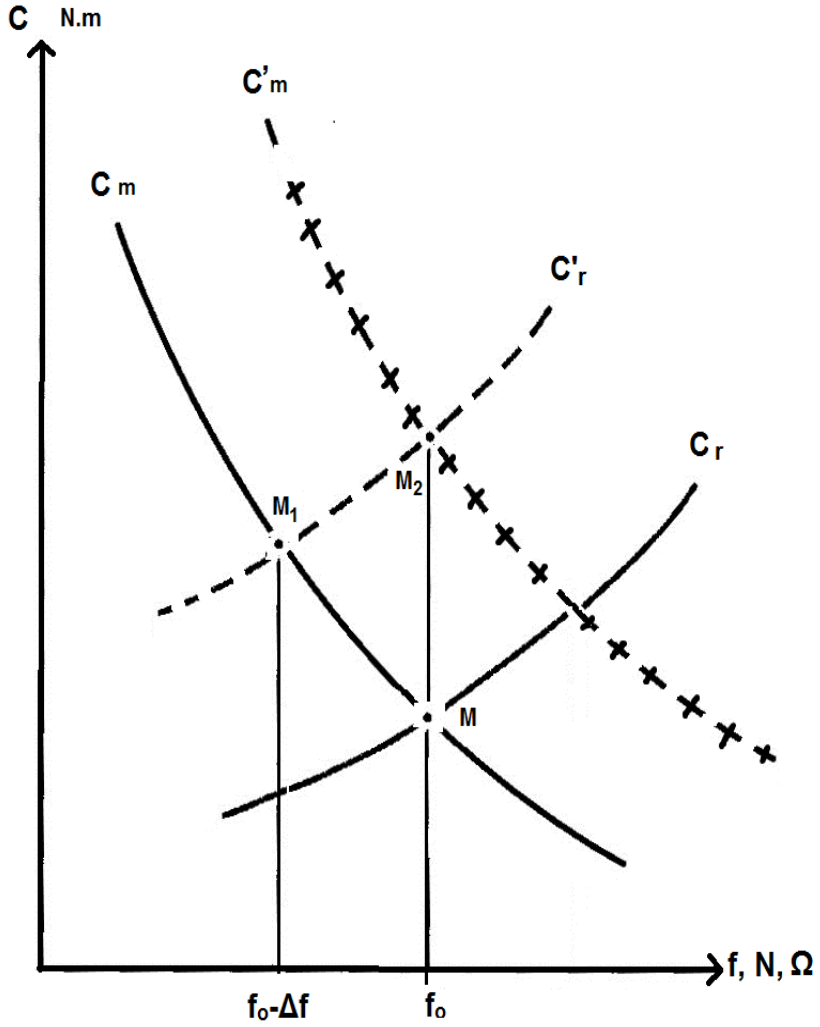
- منحنيات الاستهلاك والفواقد تحدد منحنيات الانتاج

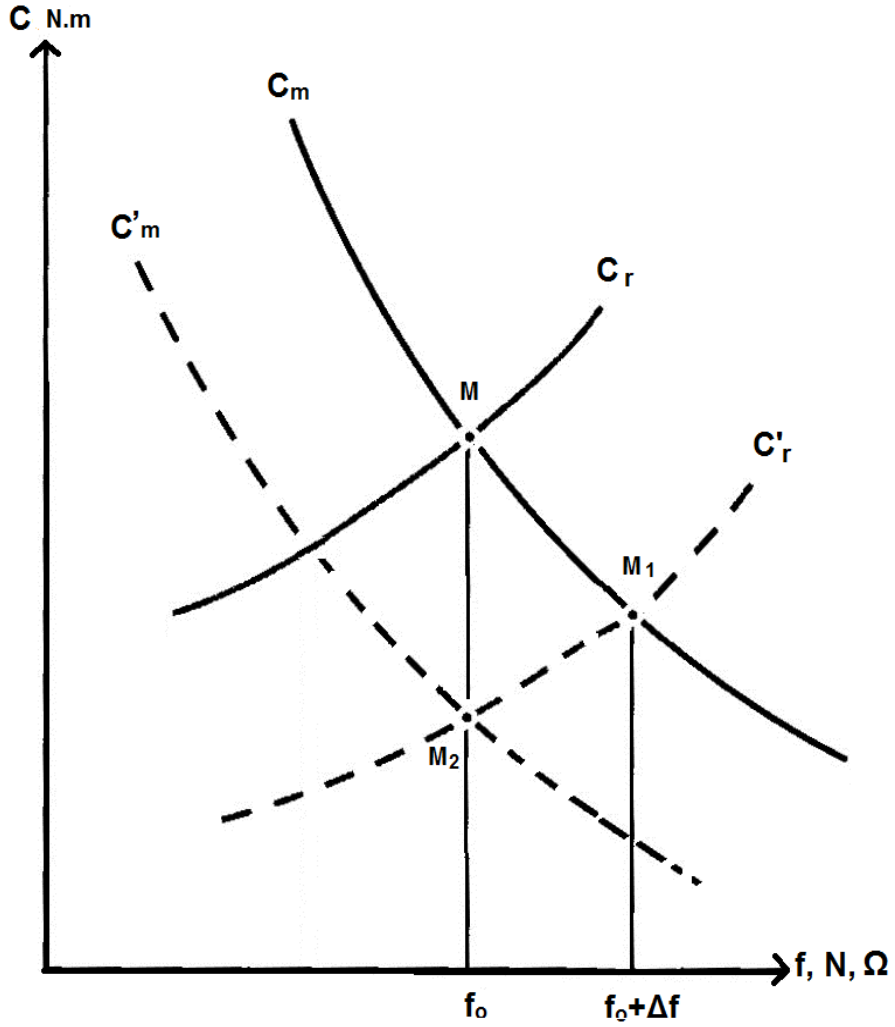
-الاحتياطي : الثابت والدوار
-الدارة الحرارية والقدرة الافرادية

- حرارة البيئة: الظروف القياسية – ظروف الموقع.

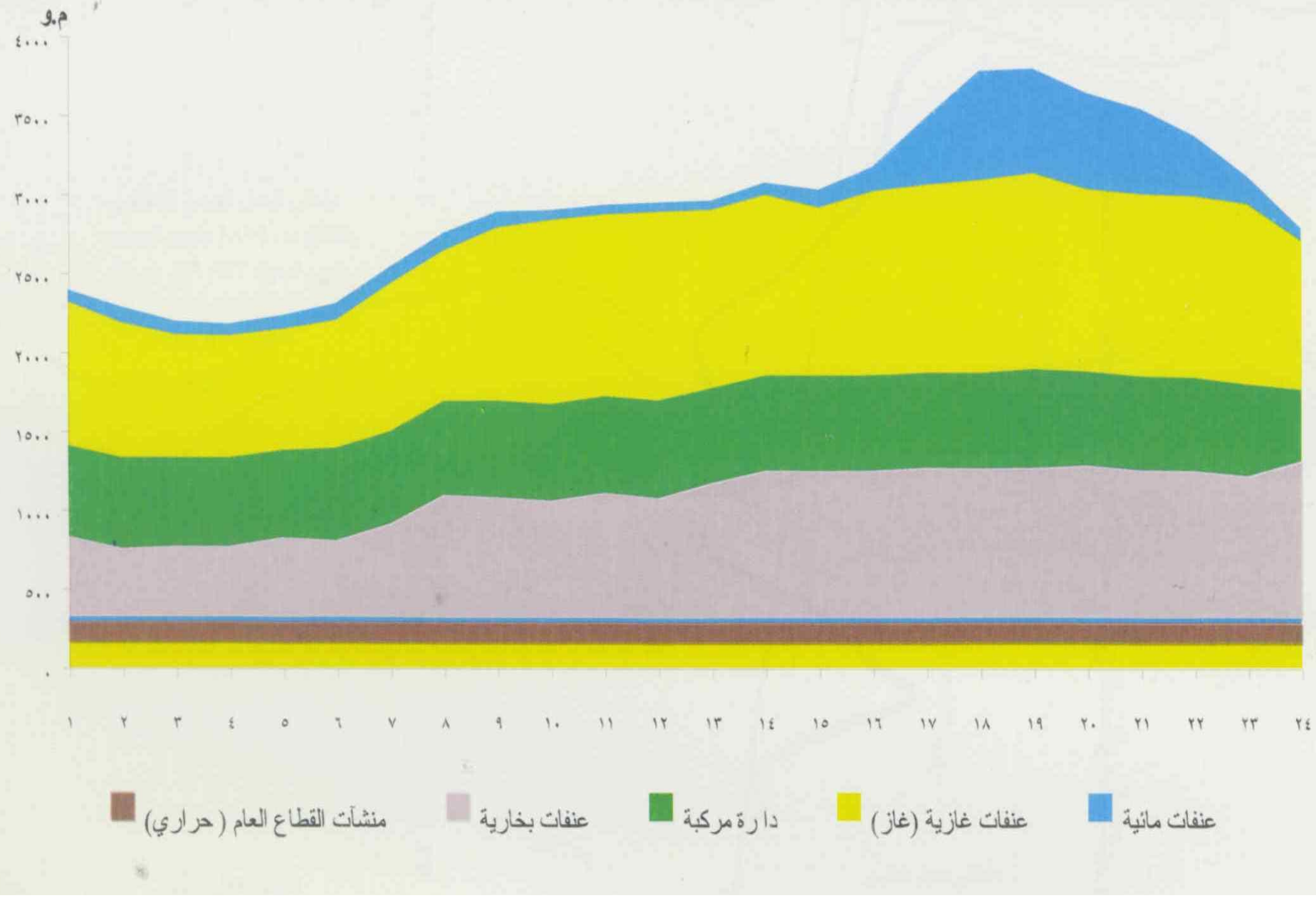
© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

توازن الاستهلاك والانتاج

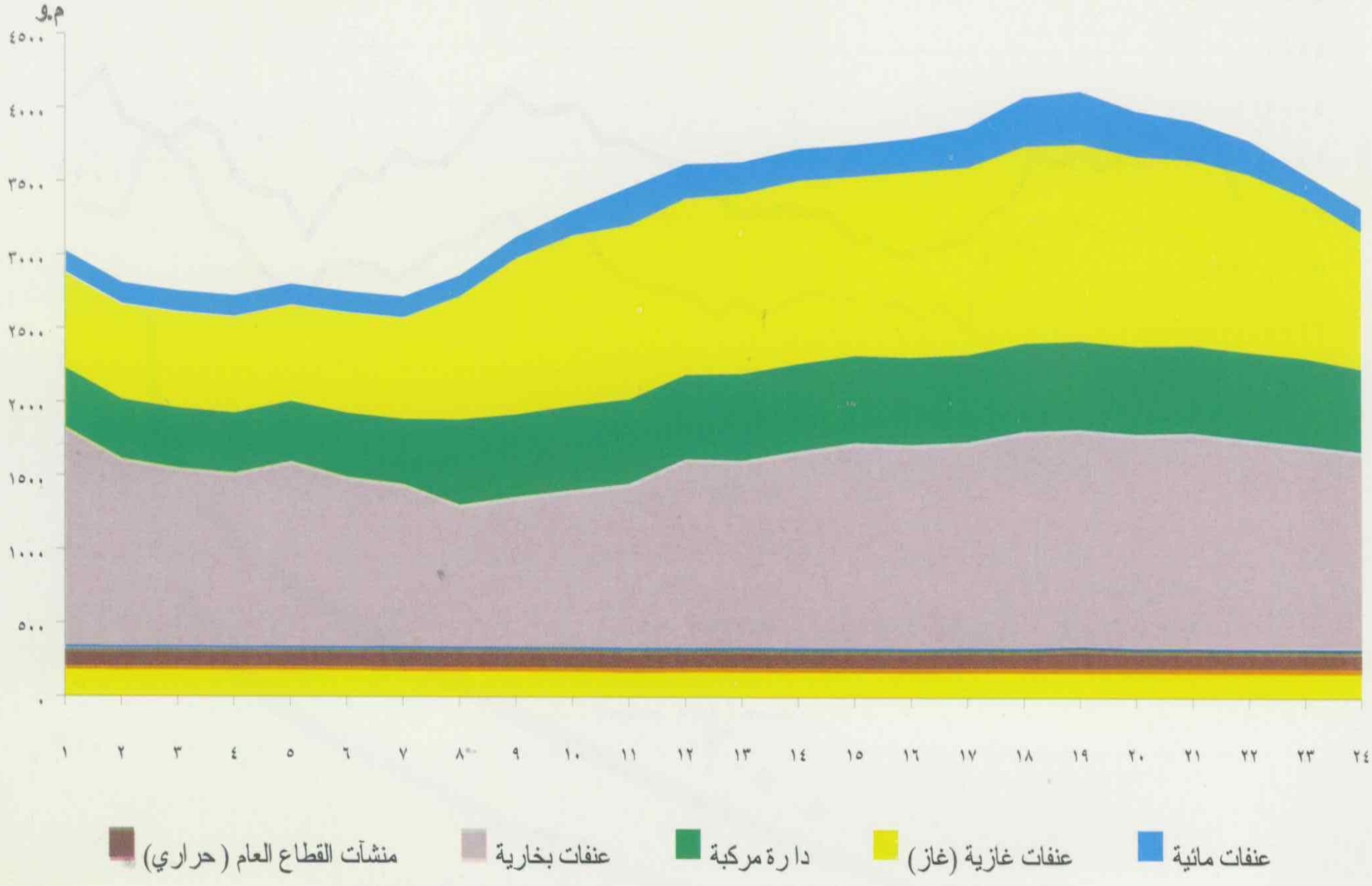




تحليل لمنحني حمل الذروة اليومي لعام ١٩٩٩ في ٨ /١٢/ ١٩٩٩



تحليل لمنحني حمل الذروة اليومي لعام ٢٠٠٠ في ٢٣ /١٢/ ٢٠٠٠



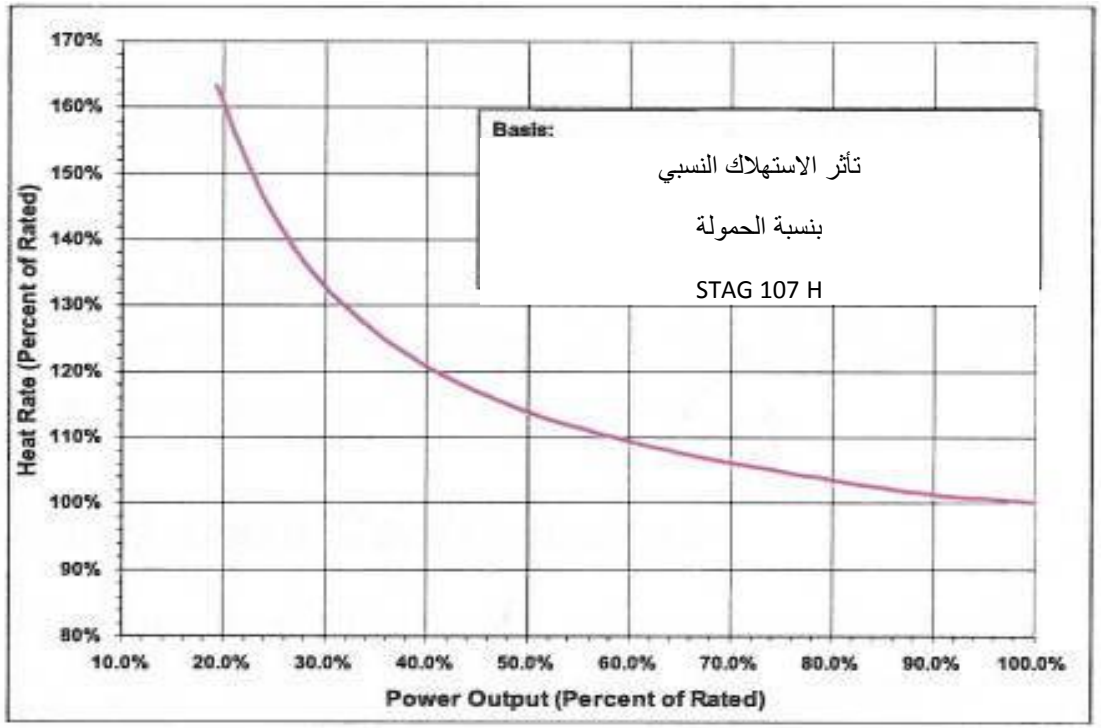
الوقود

مثال: تأثير المحروقات على كفاءة المجموعات الغازية

نوعية المحروقات	تغيّر الكفاءة (بالنسبة المئوية)	تغيّر القدرة المنتجة (بالنسبة المئوية)
الغاز الطبيعي	أساس مرجعي	أساس مرجعي
الديزل أويل	ناقص 2.1	ناقص 3
الفيول الثقيل	ناقص 7.6	ناقص 9.3

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تأثير الحمولة على الكفاءة



تتـأثر الكفـاءة ومـن خلالهـا اسـتهلاك المحروقـات لإنتـاج الكيلـووات سـاعة بالحمولـة. ويـتم الحصـول علـى الكفـاءة الفضـلى عنـد التشـغيل علـى الحمولـة الإسمية، وتـنخفض الكفـاءة مـع انخفـاض الحمولـة. ويبـرز ذلـك بشـكل كبيـر مـع العنفـات الغازيـة وبشـكل أقـل مـع المجموعـات البخاريـة، وبشـكل وسـطي مـع مجموعـات الـدورة المركبـة كمـا هـو مبين في الأشكال أدناه:

Combined-Cycle Unit	Net Power,MW	Net Heat Rate (LHV) BTU/kWh	Kj/kWh	Thermal Efficiency (LHV),%
STAG 107 H	400	5,687	6,000	60

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تأثير الدارة الحرارية والحمولة على الاستهلاك والكفاءة(المردود)

الاستهلاك النسبي (غرام فيول ثقيل/ك.و.س.) و المردود لمجموعة توليد بخارية

الحمولة	%100	%80	%60	%40
من دون اعادة تحميص البخار 65 م.و.	(256,6) %34.6	(259,7) %1.2+	(269,2) %4.9+	**(291,9)** **%13.6+**
مع اعادة تحميص البخار 150 م.و.	(215,57) %41.2	(218,12) %1.2+	(226,5) %5+	**(243,9)** **%13.1**

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تأثير الدارة الحرارية على الاستهلاك والكفاءة

@- الدارة البخارية فوق الحرجة
أعلى من 600 درجة مئوية و 221,2 بار بالمقارنة مع الداره البخارية هيرن (560 درجة مئوية و165 بار)

@- امكانية زيادة الكفاءة 6 الى 10% (بحيث تصبح الكفاءة 50%)، سعر التجهيزات أعلى ب 3 الى 5%

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تأثير الحمولة على الاستهلاك والكفاءة(المردود)

الاستهلاك النسبي (غرام ديزل أويل/ك.و.س.)
و المردود لمجوعة توليد غازية 23,5 م.و.

الحمولة	ذروة	أساس 100%	50%
	%27.5 (309)	%27.2 (313)	%21.8 %25+ (389)

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

عامل القدرة: P/S

- القدرة الفعلية P والقدرة العكسية (الردية) (غير الفعالة) Q والقدرة الظاهرية S

$$P = \sqrt{3}\, U\, I \cos \varphi$$

$$Q = \sqrt{3}\, U\, I \sin \varphi$$

$$S = \sqrt{3}\, U\, I = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

- أهمية P: مطلوبة من وسائل الانتاج

الاستفادة من مصدر طاقة

طاقة فعلية كهربائية متحولة الى طاقة ميكانيكية

أو طاقة حرارية أو...، لتلبية حاجات المستهلكين

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

استرداد الحرارة الضائعة في غازات الاحتراق الخارجة

الاستفادة من الحرارة الضائعة على مخارج العنفات الغازية واستردادها لانتاج البخار

الدارة	المردود	الطاقة المولدة	الطاقة المستهلكة
غازية	%30	30	100
بخارية	%40	40	100
بخارية	%28	0.4*70	70
مركبة	%58	58= 30+28	100

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

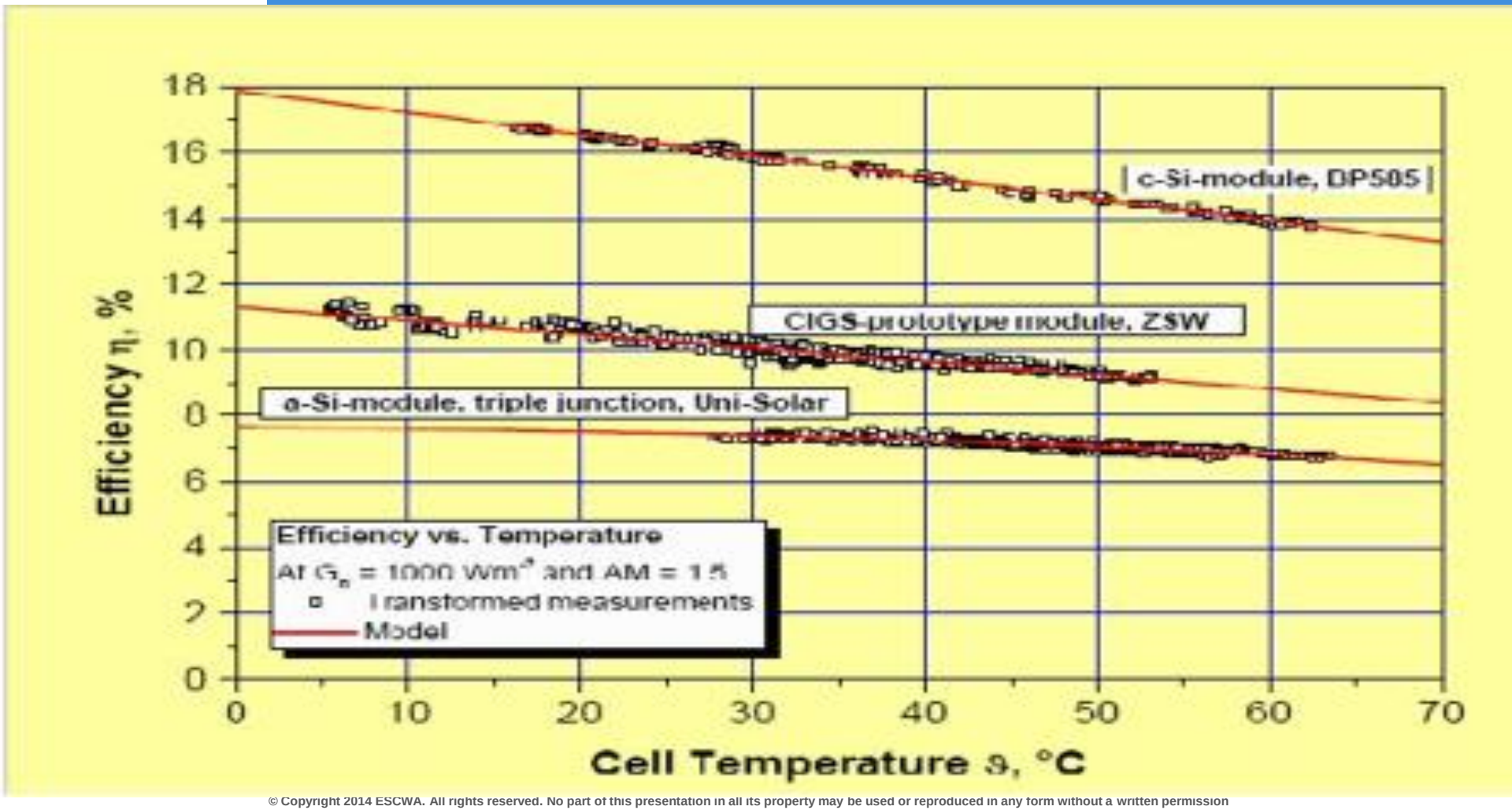
استرداد الحرارة الضائعة في غازات الاحتراق الخارجة

م.ع.س.	القدرة (م.و.)	المردود
4 مجموعات غازية	241	%30
4 مجموعات غازية + مجموعة بخارية	120	%46

الجية/لبنان	القدرة (م.و.)	المردود
4 مجموعات ديزل	74.5	%43.9
4 مجموعات ديزل + مجموعة بخارية	80	%47.2

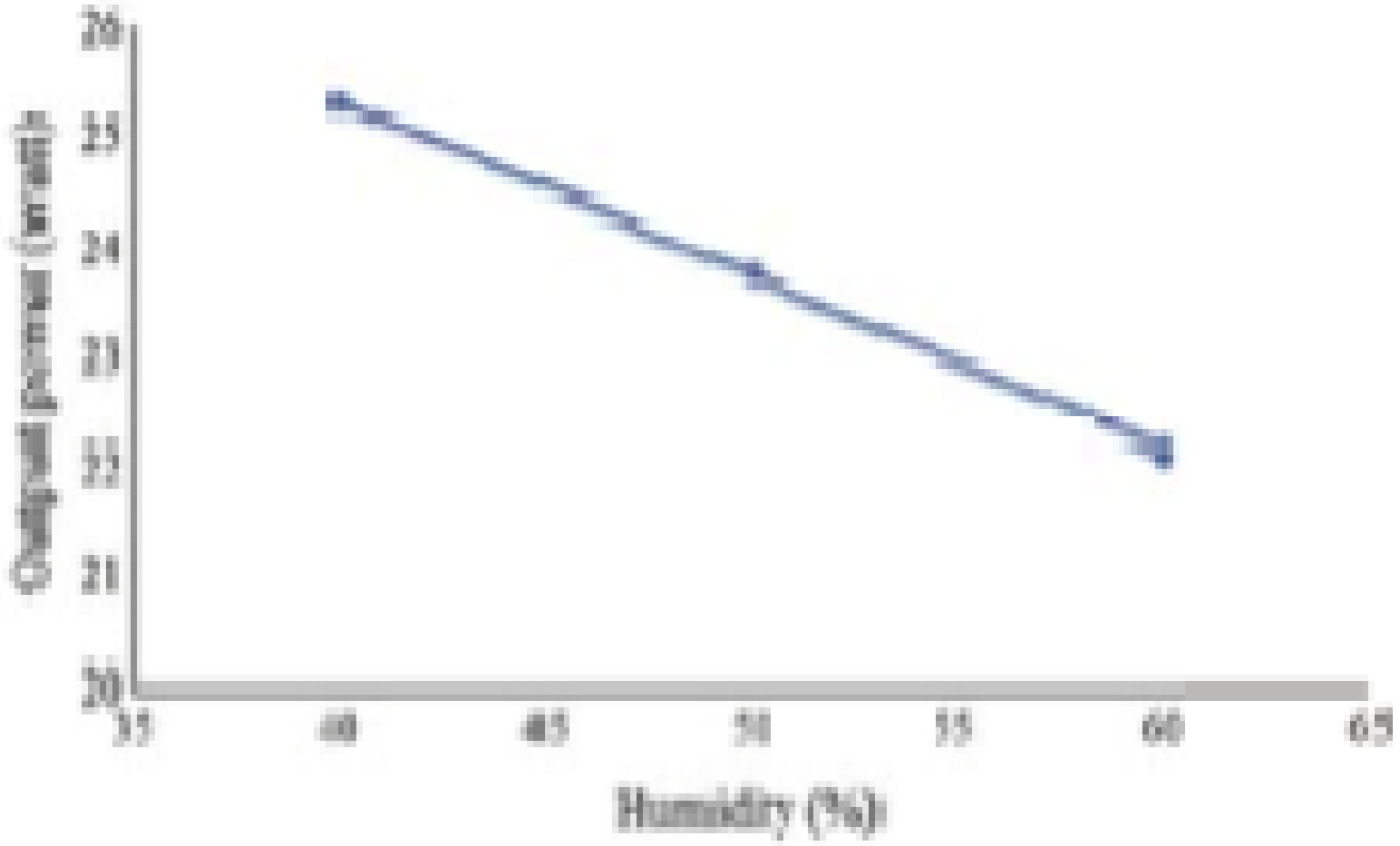
© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تأثير حرارة الخلية

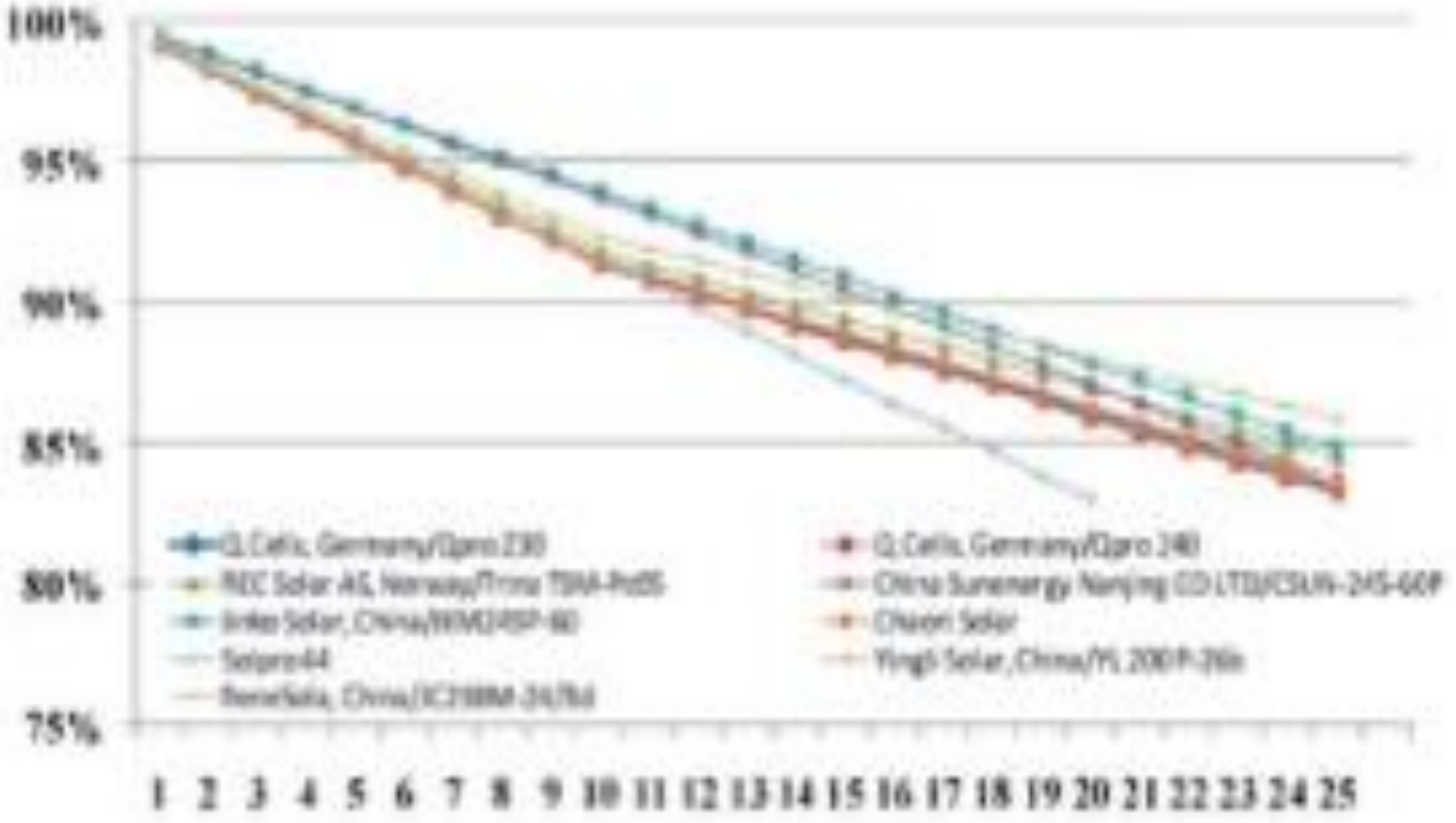


© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تأثير الرطوبة



تأثير عمر الخلايا



ثالثاً- تحسين الكفاءة على مستوى التخطيط والتصميم.

التخطيط والتصميم

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

عنفات الرياح

$$P = \tfrac{1}{2}.\ C_p.A.\rho.V^3$$

قانون Betz Cp max =16/27=0.59

@- تأثير السرعة : اذا انخفضت السرعة من 5 الى 4 متر بالثانية، انخفضت القدرة الى النصف

$$V = V_B\left(\frac{H}{H_B}\right)^{\alpha} \qquad P = P_B\left(\frac{H}{H_B}\right)^{3\alpha}$$

$\alpha = 0.1$ à 0.4

متغيرة وفق التضاريس المحيطة

@- اذا زاد الارتفاع من 50 الى مئة متر ، زادت القدرة 50%

@- المسافة بين العنفات ذات قطر معين = 3D - 5D

P: 0.85/ 2 / 3 MW D: 52 / 80 / 90m Distance: 260 / 400 / 450m

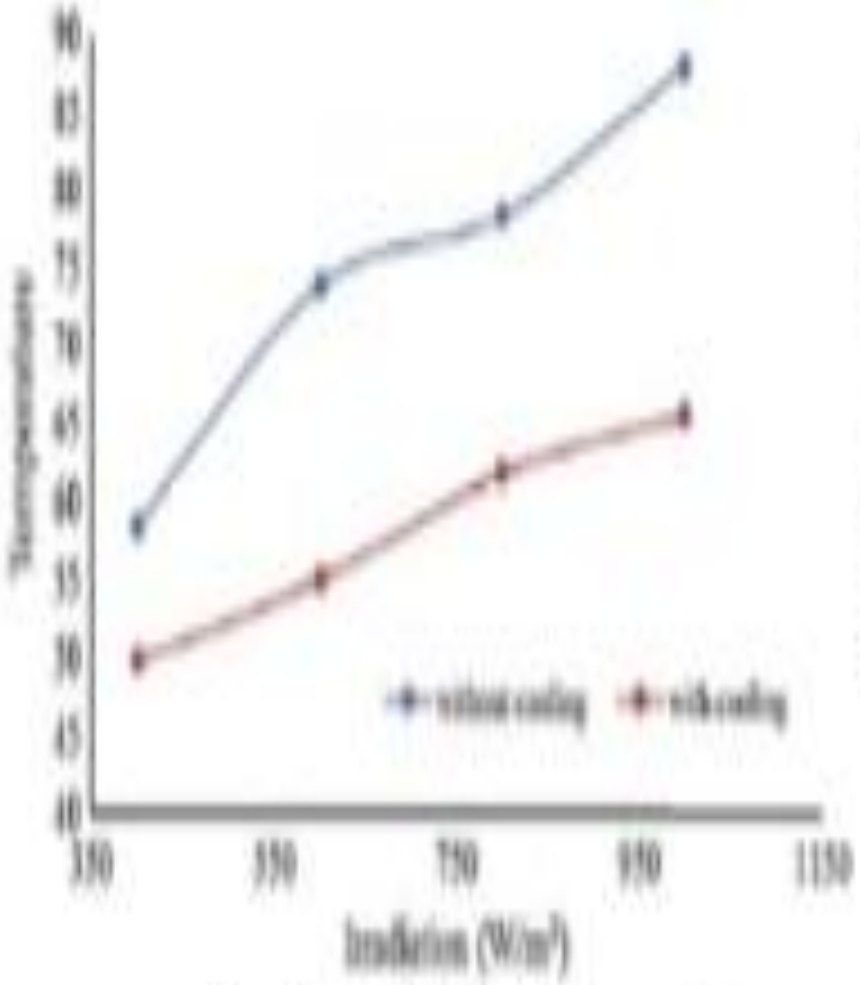
المسافة بين صفي عنفات = 10D- 14 D

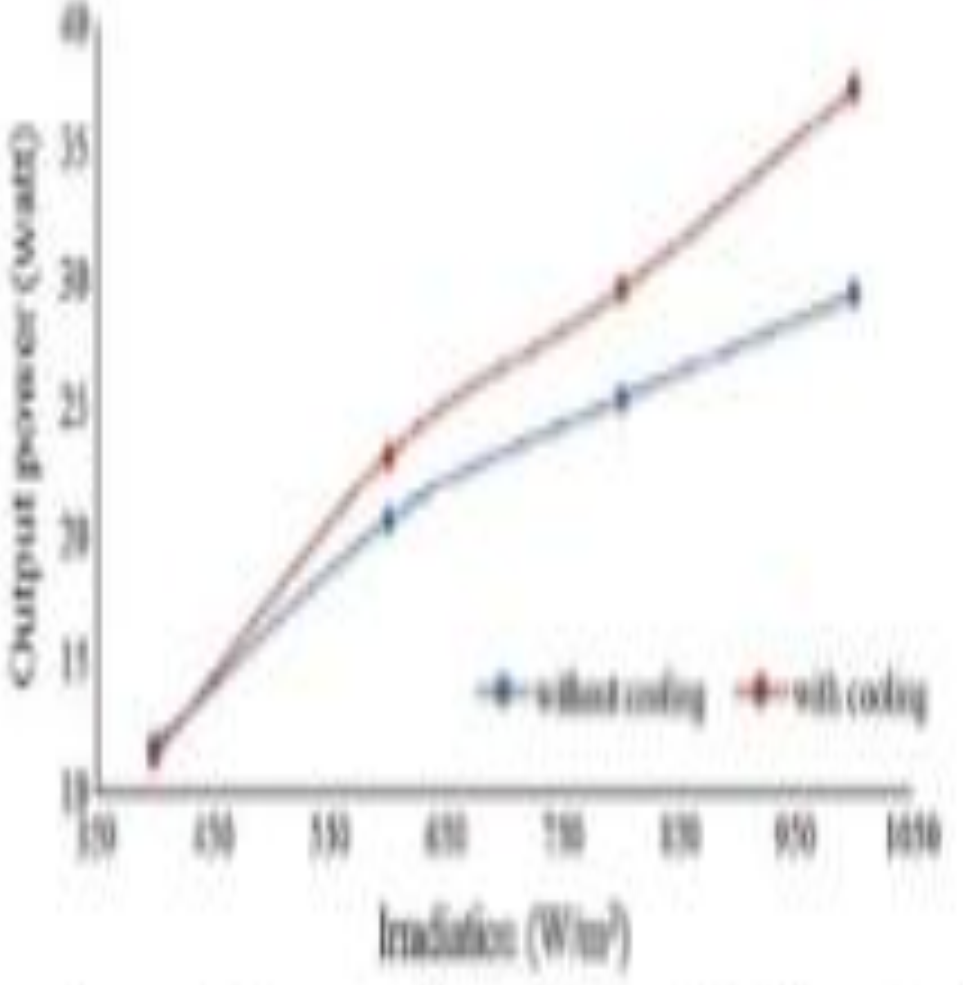
P: 0.85/ 2 / 3 MW Distance: 728 / 1120 / 1260m

«Wake Effect»

Page 18 © Copyright 2015 ESTIA All rights reserved. Non-contractual presentation. Parts of this text may be used or reproduced in any form without written permission.

تحسين كفاءة الخلايا الكهرضوئية: تأثير الحرارة وأهمية التبريد





مجموعات التوليد التقليدية

من الضروري أخذ الظروف البيئية لموقع الإنتاج بعين الاعتبار والعناية في اختيار قدرات التجهيزات وقياساتها ومواصفاتها خلال مرحلتي التصميم والتصنيع بما يعزّز فرص تحسين الأداء خلال التشغيل.

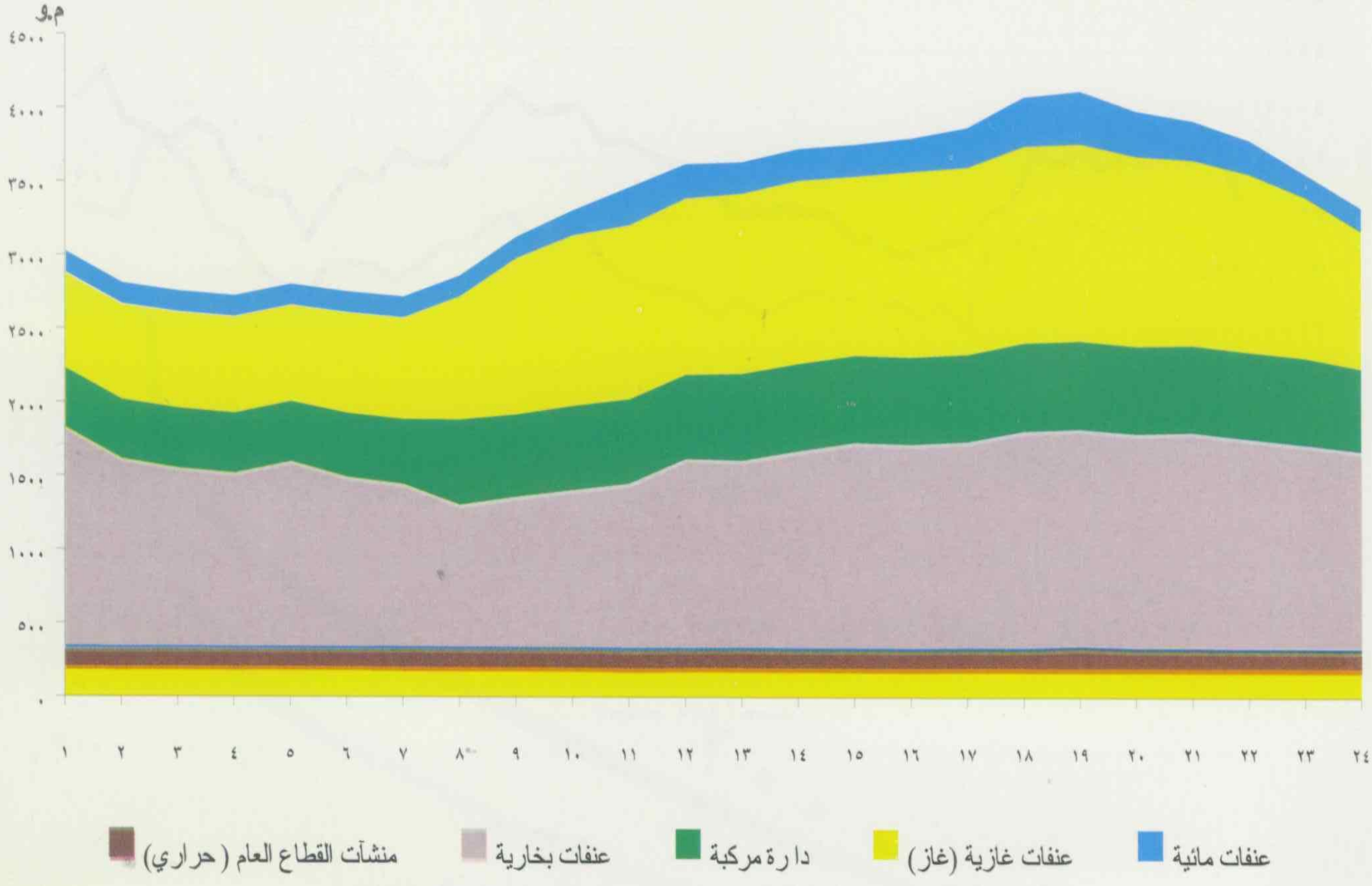
-حسن اختيار طريقة التوليد/ القدرة الافرادية

مع الأخذ بالاعتبار: منحنيات الحمل/عامل الحمل/الاحتياطي الدوار / الاحتياطي الثابت.

-حسن اختيار الموقع، نظام التبريد...

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تحليل لمنحني حمل الذروة اليومي لعام ٢٠٠٠ في ٢٣ /١٢/ ٢٠٠٠

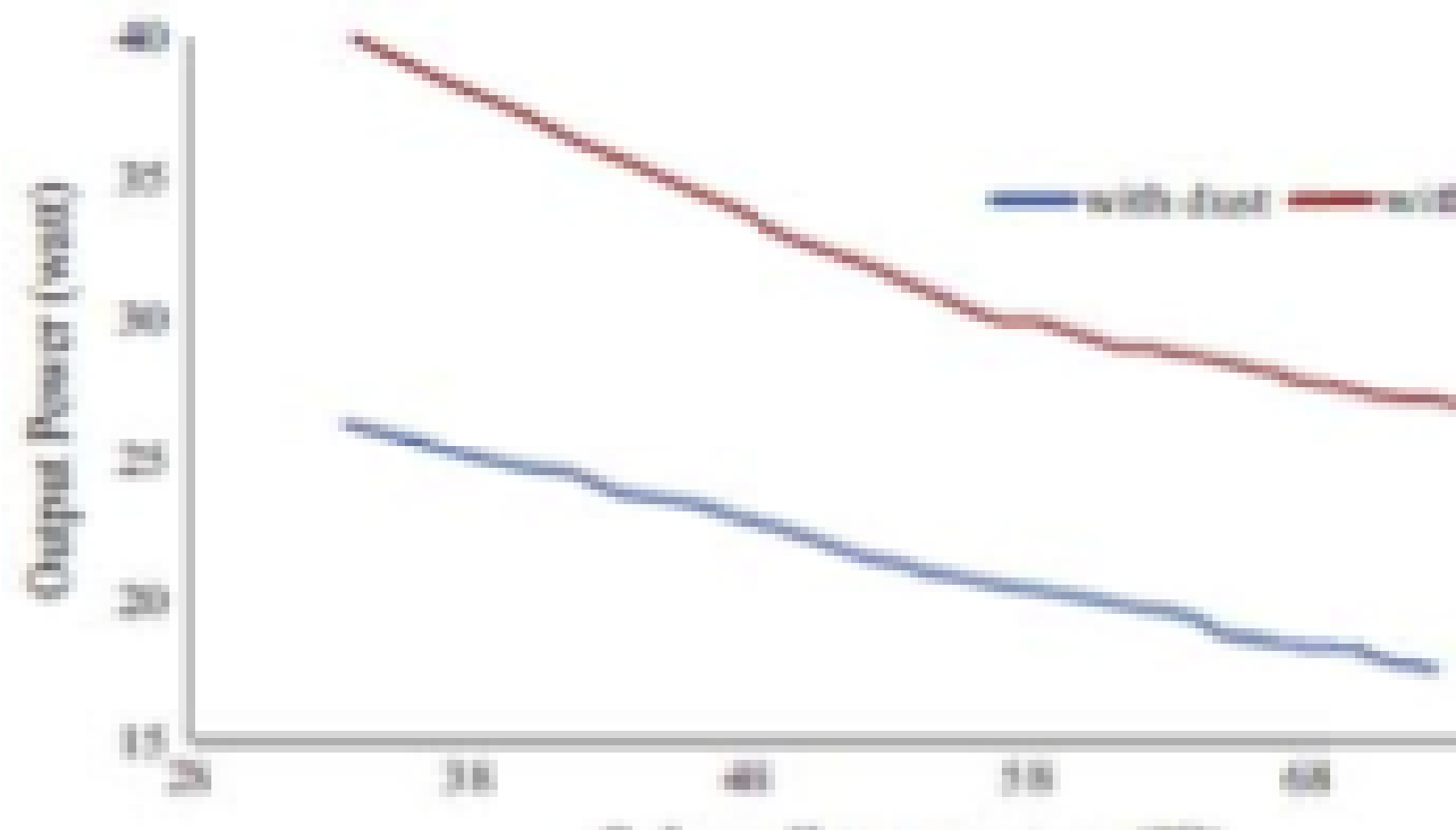


رابعاً- تحسين الكفاءة على مستوى التشغيل والصيانة.

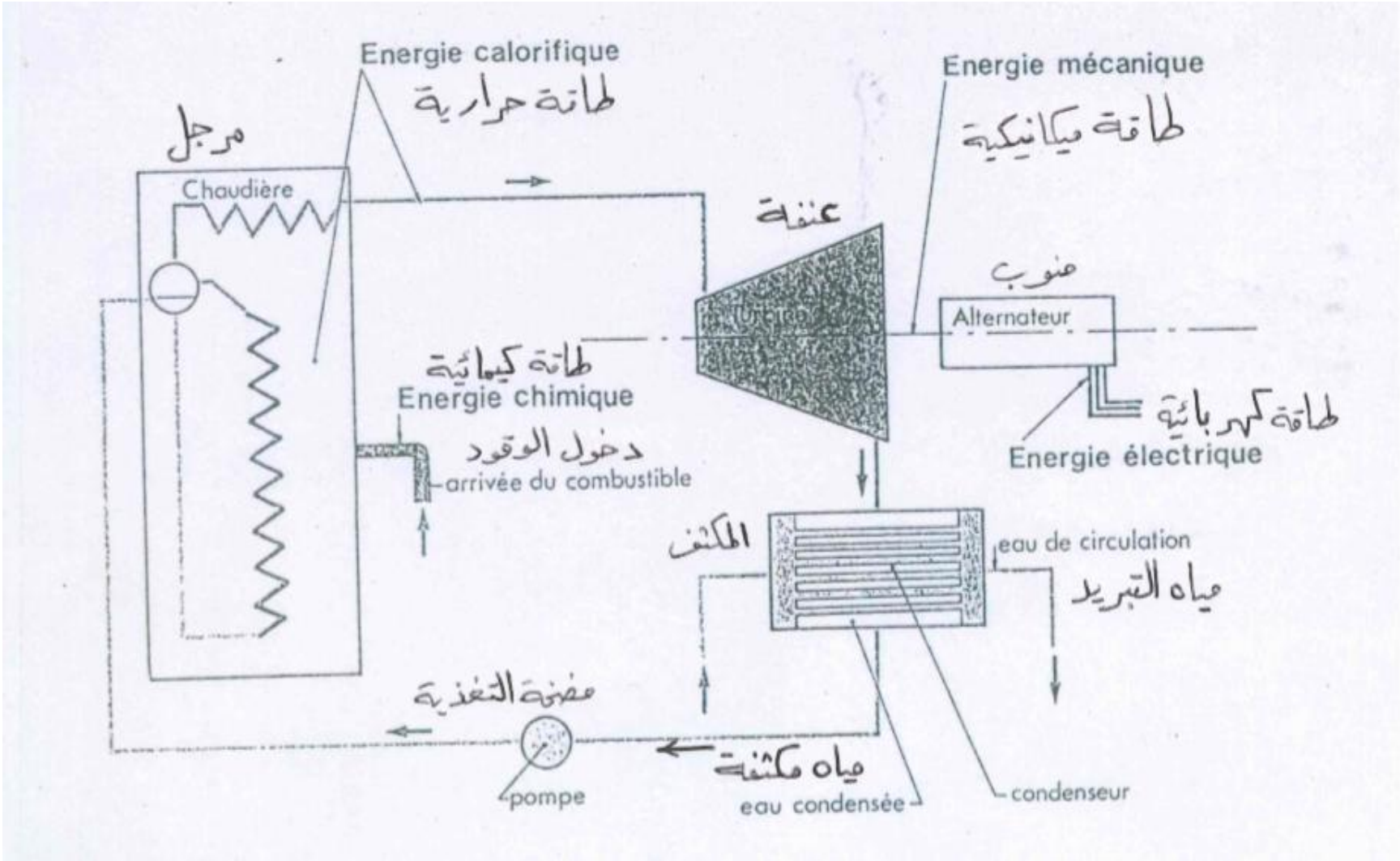
على مستوى التشغيل والصيانة

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تحسين كفاءة الخلايا الكهرضوئية :تأثير الغبار وضرورة التنظيف

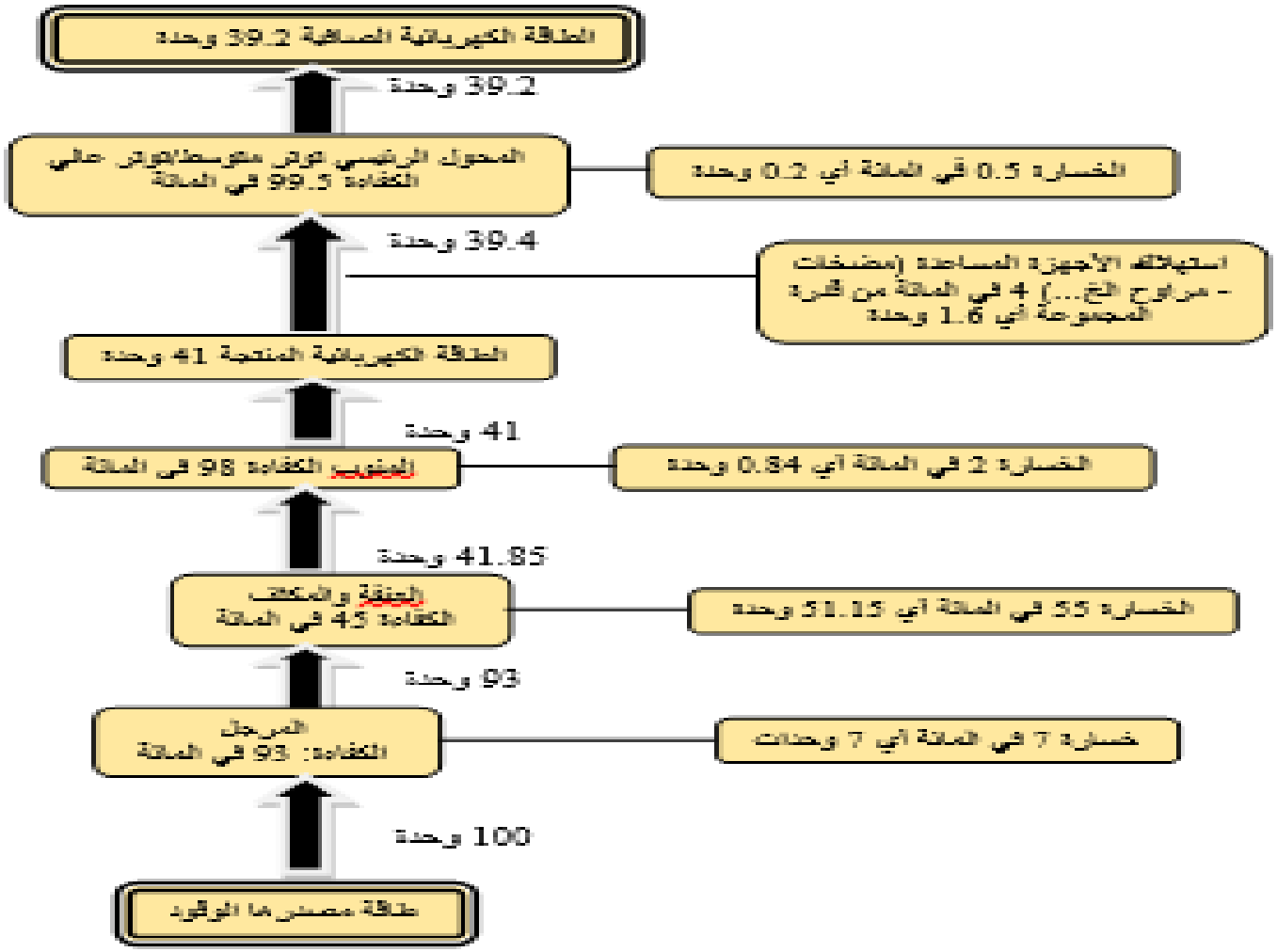


تحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية
في المجموعات البخارية



تحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية في المجموعات البخارية(تابع)

مخطط الخسارات لمجموعة توليد بخارية (مع اعادة التحميص)



sion

تحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية في المجموعات البخارية(تابع)

- بعض الخسارات لا يمكن العمل على تخفيضها، وهي بمعظمها تتعلق بظروف الطقس والبيئة وبتصميم المعدات. لذلك.

- **الخسارات التي يمكن تخفيضها:**

- **على مستوى المبادلات الحرارية** (مسخنات المياه- مسخن الهواء- المكثف- مساحات التسخين في المرجل...):
  - مراقبة أي تسرّب ومعالجته ومنعه؛
  - الإبقاء على مساحات انتقال الحرارة خالية من أي ترسبات؛
  - ضبط قيم الحرارة والضغط وفق التصميم الأساسي.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية في المجموعات البخارية(تابع)

على مستوى المرجل:

- متابعة عملية الاحتراق وتنظيمها لتكون كاملة؛
- معالجة تسرّب المياه وبخار المياه ومنعه؛
- مراقبة حرارة خروج غازات الاحتراق من المدخنة وضبطها عند حدها الأدنى (145 درجة مئوية تقريباً) الذي تفرضه ضرورة عدم تكوّن الحامض السائل لتفادي تآكل التجهيزات.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية في المجموعات البخارية(تابع)

- **على مستوى العنفة**: ـ مراقبة وضبط تعيير قيم الحرارة والضغط بحيث تكاد توازي القيم المحدّدة أساساً في التصميم والمطلوبة لحسن الأداء؛
  ـ مراقبة تسرّب بخار الماء ومعالجته ومنعه.
- **على مستوى المكثف**:ـ مراقبة درجة الفراغ وضبطها على القيمة المطلوبة؛
  ـ منع تسرب الهواء إلى داخل المكثف؛
  ـ الإبقاء على مساحات انتقال الحرارة خالية من أي ترسبات.
- **على مستوى المنوب**:

ـ منع تسرّب الهيدروجين، في حال استخدامه للتبريد.
وينبغي عموماً التقيد قدر الإمكان بتعليمات الشركة المصممة/الصانعة والتشغيل في الظروف المحدّدة في التصميم.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية في المجموعات البخارية(تابع)

أهمية تجارب الأداء الدورية

من الضروري إجراء تجارب دورية:

- لمقارنة القياسات الحالية (للحرارة والضغط والتدفق ونسبة الأكسجين في غازات المدخنة وغيرها) بالقياسات السابقة.
- لاحتساب كفاءة المرجل والعنفة والتجهيزات الرئيسية الأخرى.
- لاحتساب استهلاك المجموعة من المحروقات لإنتاج الكيلووات ساعة على عدة حمولات (40 في المائة – 60 في المائة – 80 في المائة و100 في المائة)

ومقارنتها بالكفاءة الإسمية والاستهلاك الملحوظ لها أساساً.

وذلك للتأكد من حسن سير الأداء والتدخل لمعالجة أي عطل والقيام بأعمال تنظيف مساحات تبادل الحرارة وضبط سائر التجهيزات وتعييرها.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

تحسين كفاءة إنتاج الطاقة الكهربائية في المجموعات البخارية(تابع)

–**المشاريع الممكنة:** تأهيل وتجديد وتحديث تجهيزات الاحتراق: تسخين المحروقات – الاستفادة من الحرارة الضائعة...

- استبدال السكورة او صيانتها لمنع تهريب بخار الماء
- إضافة تجهيزات لتنظيف مساحات التبادل الحراري أو تأهيل الموجود منها
- تأهيل وتجديد وتحديث المبادلات الحرارية
- تعديل المراجل لاستخدام الغاز الطبيعي بديلاً عن الوقود البترولي السائل
- اعتماد الأتمتة لمراقبة المتغيرات وتعيير ما يلزم (حرارة الهواء – حرارة المحروقات – حرارة بخار الماء - التدفق الخ...)
- التنسيق الاقتصادي للتشغيل على الحمولة الاقتصادية

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

خامساً - عملية الاحتراق: كفاءة الاحتراق وتجهيزات الاحتراق والتكنولوجيات المستخدمة

مراحل التصميم
والتشغيل
والصيانة

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

1- مقدمة

➢ تبرز أهمية تحسين كفاءة الانتاج لتأمين خفض كميات الوقود المستهلكة:

- كفاءة المراجل،
- كفاءة الاحتراق،
- الاستفادة من كافة التكنولوجيات المستخدمة المساعدة على تحسين هذه الكفاءة

➢التقليل من التلوث الناتج عن عمليات الاحتراق (لا سيما زيت الوقود الثقيل).

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

2- عملية الاحتراق

	الطاقة الحرارية المنتجة (كيلوجول)(*)		المركب الناتج من الاحتراق (بالغرام)		كميات الأكسجين (بالغرام)			كميات المحروقات (بالغرام)
احتراق الهيدروجين:	كيلو جول 288	+	H_2O (سائل)	⟶	O_2	1/2	+	H_2
	كيلو جول 244	+	H_2O(بخاري)	⟶	O_2	1/2	+	H_2
			18g		16g			2g
الاحتراق الكامل للكربون:	كيلو جول 408	+	CO_2	⟶		O_2	+	C
			44g			32g		12g
الاحتراق غير الكامل للكربون:	كيلو جول 123	+	CO	⟶	O_2	1/2	+	C
			28g		16g			12g

أهمية الاحتراق الكامل

(*) الكيلو جول هو وحدة معتمدة علمياً لقياس كمية الطاقة، وعلى سبيل الاشارة فإن كل كلغ مكافىء نفط ينتج عن احتراقه 42 الف كيلوجول

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

2- عملية الاحتراق

احتراق الكبريت:	كيلو جول 289	+	SO_2	→	O_2	+	S
	64g				32g		32g
احتراق الكبريت يولد ثاني أكسيد الكبريت المضر بالصحة والذي يؤدي إلى تكون حامض الكبريت							
	H_2SO_4		$+H_2O$	→	O_2		SO_2 + 1/2

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

2- عملية الاحتراق

أهمية ما يلي:

1- الاحتراق الكامل، لأن تكون أول أكسيد الكربون يؤدي الى خسارة في الطاقة الحرارية تبلغ 285/12 = 23,75 كيلو جول لكل غرام من الكربون، وذلك يؤدي الى استهلاك اضافي للمحروقات مع تلوث اضافي بالطبع.

2- أن يتميز الوقود المستعمل، بنسبة هيدروجين مرتفعة، اذ أن الهيدروجين ينتج طاقة حرارية تزيد عن ثلاث مرات ونصف ما ينتجه الكربون من نفس الوزن، وفي نفس الوقت فإن بخار الماء الناتج هو اقل تلويثاً وضرراً على البيئة من غازات أكسيد الكربون واكسيد الكبريت، **(الغاز الطبيعي هو الوقود الأحفوري الانظف والأقل تلويثاً للبيئة)**.

3- عدم تواجد الكبريت في الوقد الأحفوري، فالطاقة الحرارية الناتجة عن احتراقه ضئيلة بالمقارنة مع ما ينتج من حريق الهيدروجين بوزن معادل، بنسبة الى 1 الى 14 تقريباً، اضافة الى أن ثاني أكسيد الكبريت يؤدي الى تكون حامض الكبريت المضر بالصحة وبالحياة الحيوانية والنباتية وبالمنشآت أيضاً.

4- أخذ خصائص المحروقات بعين الاعتبار

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

3- خصائص المحروقات

خصائص المحروقات ضرورية لتحديد ما يلي:

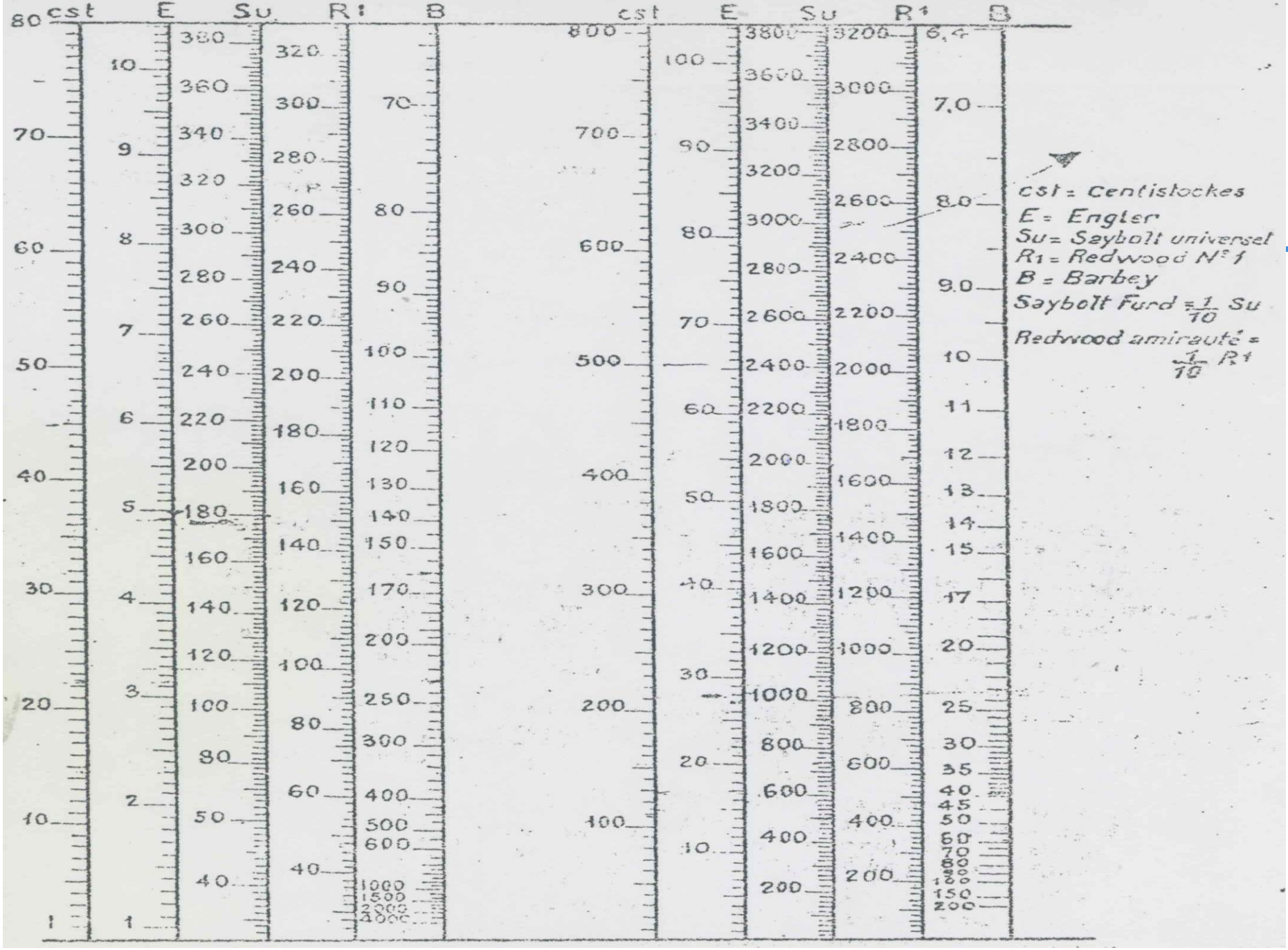
- كمية الهواء اللازمة لعملية الاحتراق
- كمية غازات الاحتراق الناتجة عن عملية الاحتراق
- كمية الطاقة الحرارية المنتجة خلال الاحتراق، والتمييز بين القيمة الحرارية الاجمالية والقيمة الحرارية الصافية، والفارق بينهما هو ما يعود للطاقة الحرارية الكامنة العائدة لتكثيف بخار الماء المتواجد في غازات الاحتراق، والناتج إما من تواجده أساساً في الوقود وإما بسبب التفاعل الكيمائي الحاصل.
- درجة الحرارة التي يتم التوصل اليها خلال الاحتراق
- كيفية الاحتراق.

أهم الخصائص:

اللزوجة:

هي خاصية المقاومة النسبية الاحتكاكية للحركة الداخلية في المائع أي المقاومة الداخلية للوقود الذي تمنع جريانه وانتشاره على مساحات أوسع، وتتأثر اللزوجة بدرجة الحرارة، وهي تنخفض كلما ارتفعت درجة الحرارة، لذلك يتم عادة تسخين الوقود السائل لتأمين سيلانه واعطاء القدرة لتكوين الرذاذ منه، تسهيلاً لعملية الاحتراق.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission


cst
E
Su
R1
B
cst
E
Su
R1
B
cst = Centistockes
E = Engler
Su = Saybolt universel
R1 = Redwood N° 1
B = Barbey
Saybolt Furol = 1/10 Su
Redwood amirauté = 1/10 R1

3- خصائص المحروقات

- نقطة عدم الحركة
- نقطة الانسكاب
- نقطة الوميض
- نقطة الاحتراق
- نقطة الاحتراق التلقائي
- درجة حرارة الاحتراق النظرية أي درجة الحرارة القصوى التي يمكن الوصول اليها خلال عملية الاحتراق الكامل والمثالي بدون خسارات.
- السيتان أو مقياس جودة الاشتعال فيما يعود للديزل أويل
- نسبة الكبريت في الوقود
- نسب المعادن

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

3- خصائص المحروقات

مثال الفيول الثقيل

اللزوجة على درجة حرارة 50 مئوية أقل من 40-80 درجة أنجلر

المكونات: كربون 82-86٪

هيدروجين 11-14٪

مختلف (نيتروجين –أوكسجين – كبريت) 1-5 ٪

القيمة الحرارية الاجمالية 10,300 كيلوكالوري/كلغ(او 43054 كيلوجول/كلغ)

نقطة الاحتراق/درجة حرارة الاشتعال 70-160 درجة مئوية

كمية الهواء اللازمة حوالي 11 متر مكعب قياسي للكلغ الواحد

الحرارة درجة مئوية	اللزوجة درجة أنجلر
100	3
90	3.5
80	5
70	8
60	15

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

3- خصائص المحروقات

مثال: الغاز الطبيعي

الميثان	83-95٪
الوزن النوعي	0,75 – 0,85 كلغ للمتر المكعب القياسي
الكثافة بالنسبة للهواء	0,58- 0,655
القيمة الحرارية الاجمالية	9800 – 10041 كيلوكالوري للمتر المكعب قياسي
القيمة الحرارية الصافية	9200 – 9340 كيلوكالوري للمتر المكعب قياسي
نقطة الاحتراق/ درجة حرارة الاشتعال	650 – 800 درجة مئوية
كمية الهواء اللازمة	حوالي 10 متر مكعب قياسي/ للمتر المكعب قياسي
درجة حرارة الاحتراق	1800 – 1900 درجة مئوية

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

4- الشروط النظرية اللازمة للاحتراق الجيد

1- تأمين كمية الاوكسيجين/ كمية الهواء اللازمة: زيادة كمية الهواء المستعمل في غرف الاحتراق، تؤدي الى محاولة تأكيد حصول الاحتراق الكامل عبر إعطاء الفرصة لكل ذرة من المحروقات للتفاعل الكيمائي مع الأوكسجين، لكنها تؤدي في نفس الوقت الى انخفاض في درجة حرارة الحريق والى خسارة طاقة حرارية تخرج مع غاز الاحتراق من المدخنة، أما انخفاض كمية الهواء المستعمل فإنه يؤدي الى انخفاض حرارة الاحتراق النظرية بسبب عدم حصول الاحتراق الكامل والنقص في الطاقة الحرارية المنتجة.

2- تأمين حرارة اللهب (100-160 درجة مئوية للفيول الثقيل، 700 – 800 درجة مئوية للغاز الطبيعي، 500 درجة مئوية للفحم الحجري)[*]، ويكون ذلك عبر خلق شعلة.

[*] المرجع: نشرة كهرباء فرنسا رقم 125 – المحروقات والاحتراق في المحطات الحرارية لتوليد الكهرباء.

3- تكوين رذاذ المحروقات: ويتم ذلك في الحراقات بعد تأمين المحروقات بلزوجة معينة، بخلق حبيبات صغيرة جداً عبر تسخينها ، (قطر30 الى 150 ميكرون في حالة الفيول الثقيل) وذلك إما بواسطة مائع مساعد (قد يكون الهواء المضغوط أو بخار الماء بضغط منخفض) مضغوط وبسرعة عالية وإما بطريقة ميكانيكية.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

4- الشروط النظرية اللازمة للاحتراق الجيد

تحضير الوقود السائل: حالة الفيول الثقيل/المراجل البخارية

لتأمين حسن الاحتراق، يتوجب الحصول على رذاذ الفيول، مما يفرض لزوجة ما بين 2 و10 درجات أنجلر(تبعاً للحراقات المستعملة)، وبالتالي يتوجب تسخين الفيول، ويتأمن ذلك إما باستعمال مقاومة كهربائية، وإما في إطار تحسين كفاءة الطاقة وترشيدها باستعمال بخار الماء بضغط منخفض (4-6 بار)، مع الانتباه الى ضرورة أن لا تصل درجة حرارة الفيول الى نقطة الوميض، لكي لا تتكون غازات ملتهبة متبخرة من الفيول.

لزوجة الوقود المستعمل على درجة حرارة مئوية 50					
درجة أنجلر	^{o}E	80	60	40	20
درجة سنتيستوك	Cst	610	460	300	150
اللزوجة المطلوبة في الحراقات	حرارة التسخين: درجة مئوية				
10 أنجلر (cst 76)		80	70	65	60
5 انجلر (cst 38)		100	90	85	80
2 أنجلر (cst 15)		130	120	115	110

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

4- الشروط النظرية اللازمة للاحتراق الجيد

4- الحفاظ على ضغط ملائم للمحروقات المستعملة (الفيول الثقيل) وللمائع المساعد في الحراقات

5- الحفاظ على حراقات نظيفة

6- حصول اضطراب Turbulence لتكوين مزيج حميم بين جزئيات المحروقات وجزئيات الأوكسجين

7- الحفاظ على حرارة احتراق كافية

8- استعمال هواء بحرارة عالية.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

4- الشروط النظرية اللازمة للاحتراق الجيد

تحضير الهواء/ المراجل البخارية

لتأمين حسن الاحتراق:

يتم سحب الهواء من المنطقة العليا في مبنى المراجل (حرارة الهواء المحيط هي الأعلى / أكثر من 10 درجات عما هي عليه في المحيط الخارجي)،

- زيادة في كفاءة المرجل بحدود نصف بالمائة،

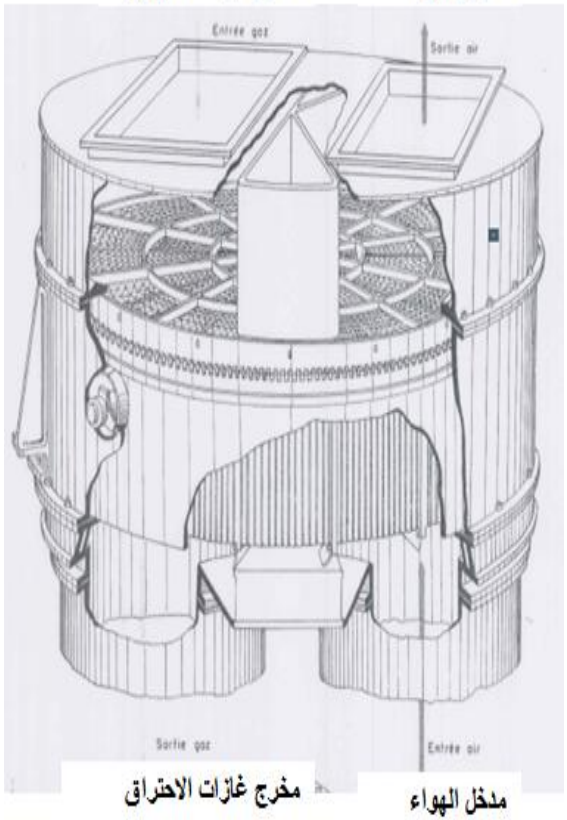
يتم تسخين هذا الهواء في مبادلات حرارية تكون دوارة غالباً، بواسطة غازات الاحتراق في مرحلة ما قبل خروجها عبر المدخنة،

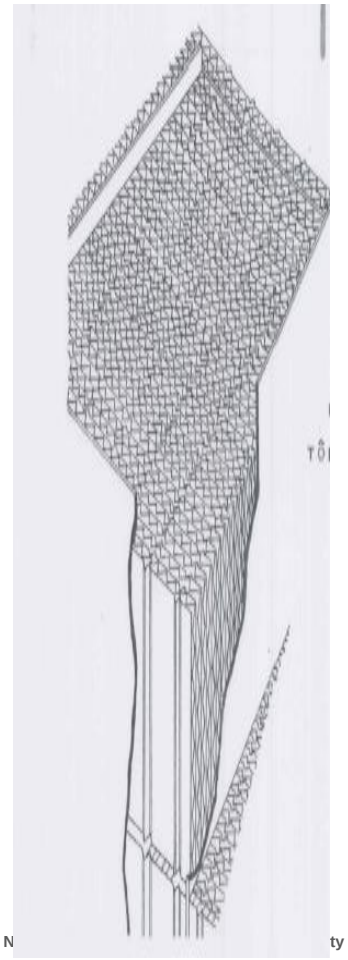
- زيادة في تحسين كفاءة المرجل.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

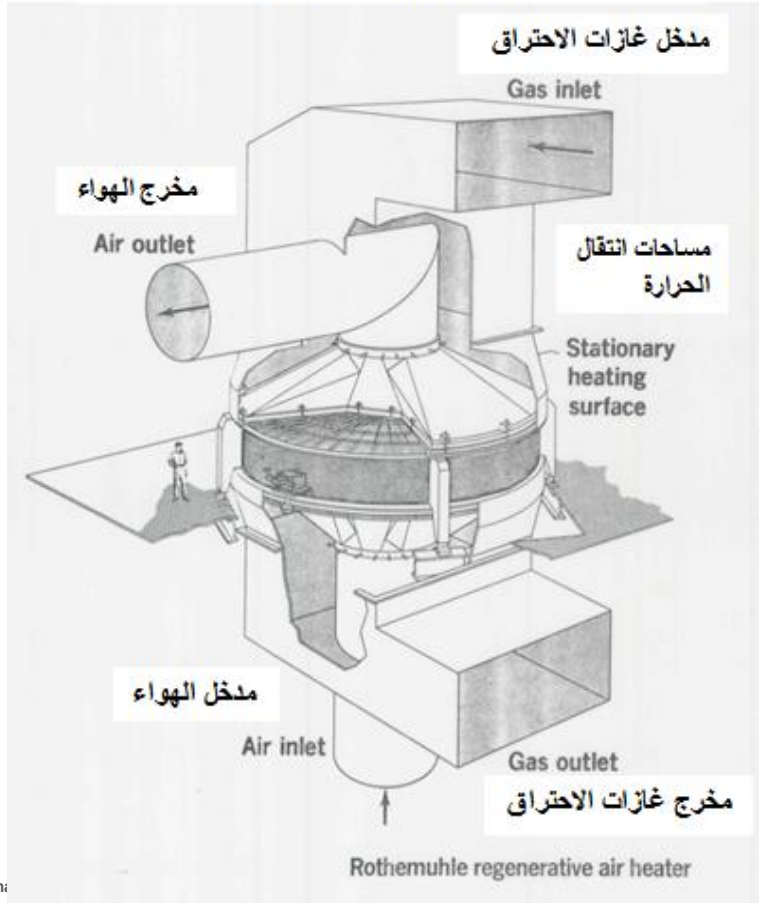
4- الشروط النظرية اللازمة للاحتراق الجيد

مسخن الهواء بالغاز طراز لنجستروم



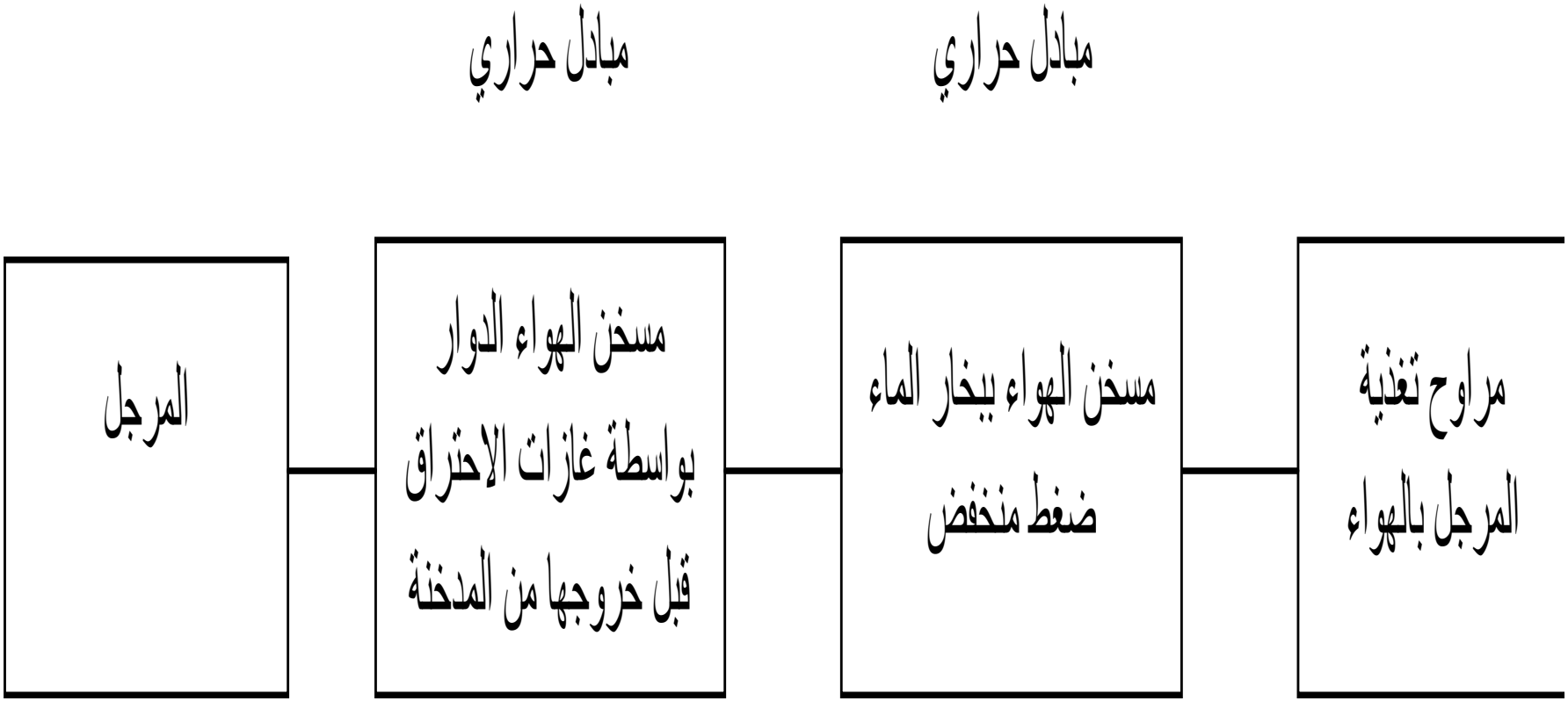


مسخن الهواء طراز روثمولي



© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. N ty ma

4- الشروط النظرية اللازمة للاحتراق الجيد

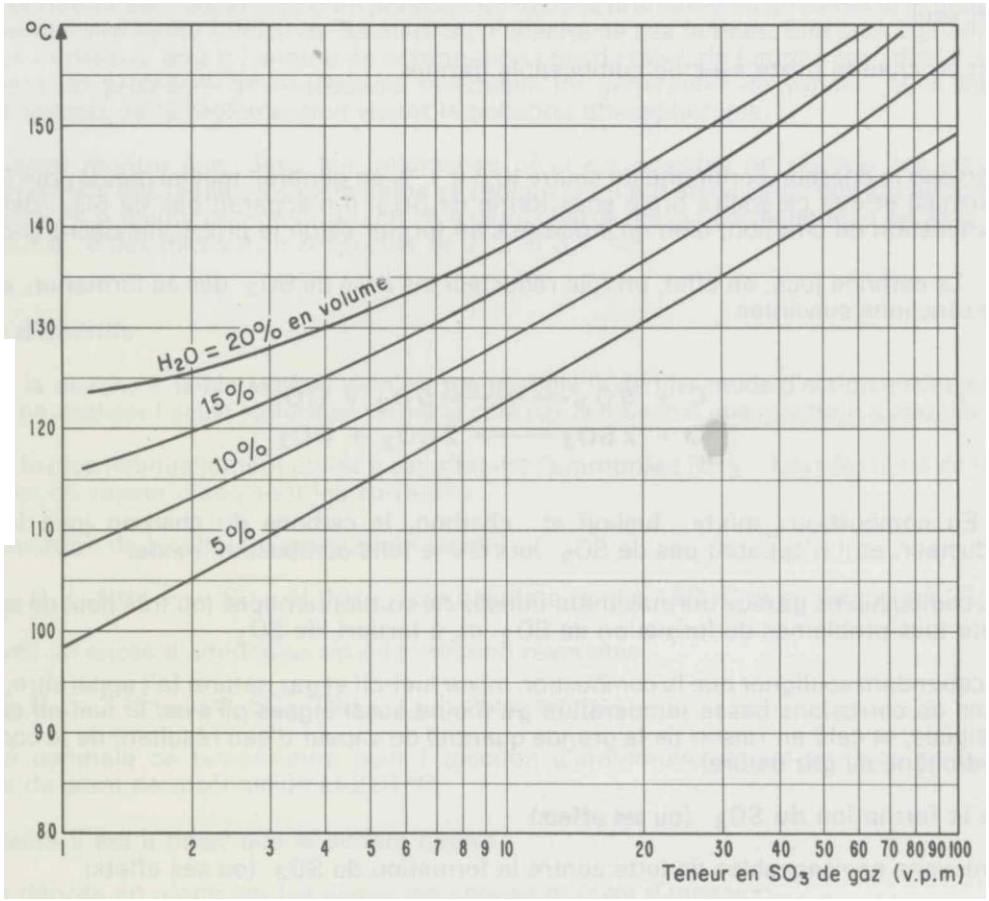


© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

4– الشروط النظرية اللازمة للاحتراق الجيد (تابع)

نظراً لأن الفيول الثقيل غالباً ما يحتوي نسبة معينة من الكبريت (1% الى 3,5 % في بعض الاحيان، هناك خطر تكون حامض الكبريت السائل وبالتالي خطر تعرض الالواح المعدنية للتآكل على حرارة معينة

$$SO_2 + \frac{1}{2} O_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4$$



درجة الحرارة/ نقطة الندى لغازات الاحتراق

نسبة اكسيد الكبريت SO_3 في غازات الاحتراق (جزء بالمليون/حجم)

التوافق الفني الاقتصادي

- ضرورة التوفيق بين الحرص على كفاءة مرجل مرتفعة، عبر استرداد الحرارة من غازات الاحتراق قبل انطلاقها في الجو لأقصى حد ممكن من ناحية، وتحاشي تآكل الالواح الحديدية لمسخن الهواء بالغاز من ناحية اخرى، وتكون عادة حرارة الخروج من المسخن/ الدخول الى المدخنة بحدود 140- 145 درجة مئوية.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

التوافق الفني الاقتصادي

ضبط نسب الوقود مع الهواء

من الضروري تحقيق مزيج متوازن لتوفير ظروف إحتراق كامل بأقل نسبة هواء زائد، بهدف التقليل من:

أ- نسبة تكون أكاسيد النيتروجين NOx،

ب – خسارة الحرارة عبر خروج كميات الغازات من المدخنة (ومن ضمنها الهواء الزائد)

ج- تحاشي وجود وقود غير محترق يمكن أن يتحد مع رماد الاحتراق لتكوين ما يسمى بـ "خبث الفرن" الذي يؤدي بدوره الى تهيئة الظروف لتآكل أنابيب جدران غرفة الاحتراق في المرجل.

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

5- الاستفادة من التكنولوجيات المتوفرة

من المجدي الاستفادة من كافة التكنولوجيات المتوفرة لتحسين كفاءة الاحتراق، سواء من ناحية الحراقات او من ناحية اجهزة القياس والمراقبة والتحكم.

أهمية تكنولوجيات الحراقات

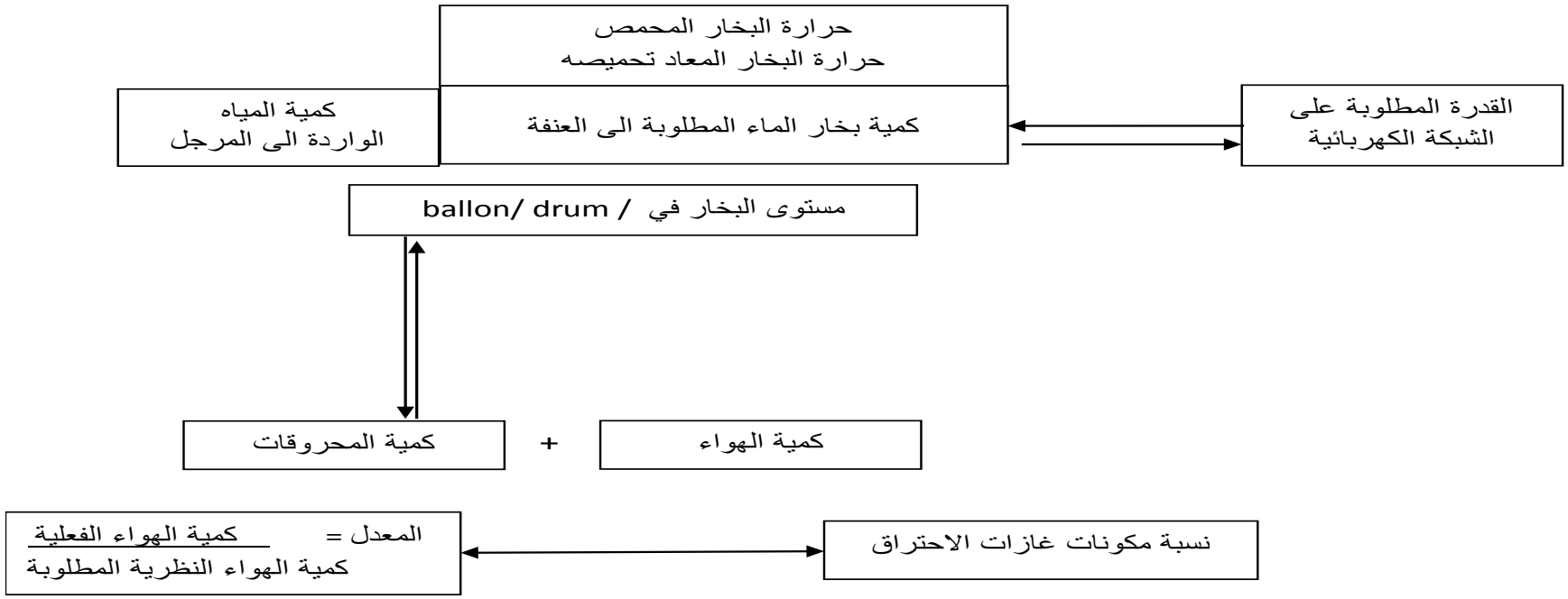
من الضروري الاستفادة من التكنولوجيا الحديثة للحراقات ذات انبعاثات NO_X الأدنى (Low NOX Burners) والتي تستفيد من ضخ بخار الماء مثلاً لتخفيض حرارة الحريق لتحاشي تكون أكاسيد النيتروجين، كما تحاول التقليل من نسبة الهواء الزائد المطلوب

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

5- الاستفادة من التكنولوجيات المتوفرة

اهمية تكنولوجيات القياس والمراقبة والتحكم:

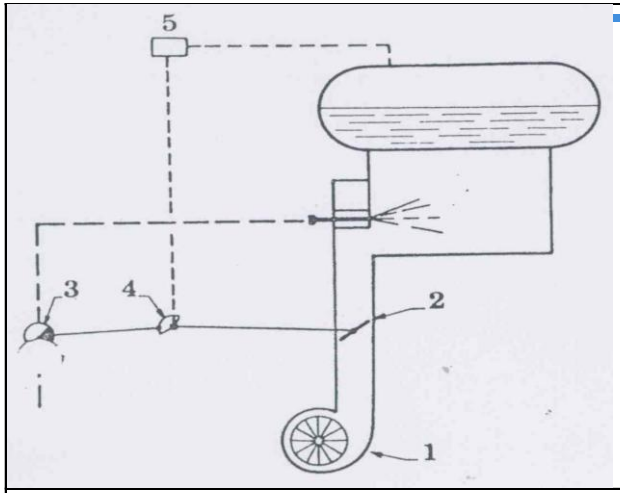
مثال على التحكم بمتغيرات عملية الاحتراق في محطة حرارية بخارية لتوليد الكهرباء:



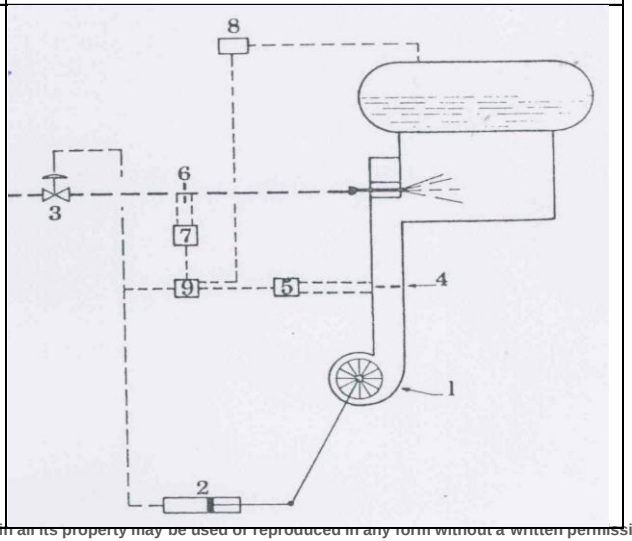
© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

5- الاستفادة من التكنولوجيات المتوفرة

مثال: تنظيم عملية الاحتراق



مثال: التنظيم بواسطة القياسات



© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

6- إضافات الوقود

- النفط الخام هو خليط من مركبات هيدروكربونية متنوعة مع نسب من المعادن والانفلثينات وربما الكبريت، وتختلف مواصفاته الفيزيائية والكيمائية من حقل الى آخر، ويحتوي على بعض الشوائب العضوية وغير العضوية التي تحدث آثاراً سلبية عند حصول عملية الاحتراق.
- تتأثر جودة المشتقات النفطية بمصدر النفط الخام وبعمليات التكرير، وما يتبعها من عمليات تحويل ومعالجة،
- ظروف الاحتراق تساهم ايضاً في التقليل من صدور الملوثات أو زيادته.
- ضمن اطار الحصول على وقود أحفوري أنظف، عبر إما استخدام الغاز الطبيعي واما تطوير تقنيات مصافي النفط وزيادة عمليات التحويل والمعالجة، هناك ايضاً **الدور الفعال لاضافات الوقود** وهي مركبات كيمائية غير نفطية تضاف الى الوقود لتحسين خواصه وتحقيق ثباته، **وتنقسم الى ثلاث مجموعات:**

أ- اضافات لتحسين اداء الوقود وكفاءة احتراقه، مع التقليل من الحاجة الى نسبة زائدة من الهواء وخفض الانبعاثات ولتحسين سيولته وضبط لزوجته

ب- اضافات لتحسين جودة الوقود وتشتمل على موانع الأكسدة ومثبطات المعادن

ج- إضافات لتحسين نقل الوقود وتداوله وتخزينه

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

6- إضافات الوقود

وعلى سبيل المثال تؤمن الاضافات التي تعتمد في تركيبها الكيمائي على الماغنسيوم احتواء عنصر الفاناديوم لتكوين مركب معقد MgOV205 الذي يتميز بدرجة حرارة انصهار مرتفعة عن حرارة معدن المرجل، فيتم تحاشي تآكل أنابيب المرجل.

التركيب الكيميائي ونسب الاستخدام لأهم إضافات الديزل اويل وما تحدثه من تأثير

نوع الإضافة	أهم التركيبات الكيميائية	حدود ونسب الاستخدام (جزء بالمليون)	ما تحدثه من تأثيرات
معدلات الاحتراق	المركبات العضوية لمعادن الباريوم، الكالسيوم، المانجنيز، الحديد،...الخ	3300–1300	تحسين أداء المحرك مع خفض معدل استهلاك الوقود وتكون الملوثات
محسنات رقم السيتان	الكيلات النيترو، النيتروز، البيروكسيد	1500–500	رفع رقم السيتان مع تحسين أداء المحرك.
محسنات الانسياب	البولي ميثا كريلات. البولي الكيل ميثا كريلات	1500–500	خفض درجة الانسكاب والتغبش وانسداد المرشح على البارد
مضادات البكتريا	مركبات متنوعة	نسب مختلفة	القضاء على البكتريا والفطريات
مشتتات الشحنة الاستاتيكية	مركبات متنوعة	نسب مختلفة	تشتيت الشحنات الاستاتيكية

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

6- إضافات الوقود

- **أنواع إضافات زيت الوقود/الفيول الثقيل ونسب استخدامها وتركيباتها الكيميائية**

نوع الإضافة (نسبة الاستخدام)	التركيبات الكيميائية
تثبيت خواص الوقود (300–5000 جزء بالمليون)	الأمينات، البولي أمينات- ساليسيل الدهيد، الاسترات - الكيل فينول- بيوسيكلو الكان - صابون المنجنيز - مكثفات المانيش
إضافات التشتيت (0.001-0.1 في المائة بالوزن)	استرات الفورماميد - فوسفات أمونيوم - فوسفات حمض دهني - الكينيل سيكسينيك غير مائي - هيدروكاربونات فوسفوكبريتيد
محسنات الانسياب & مخفضات درجة الانسكاب (0.1-2 في المائة بالوزن)	بولي الكيل اكريلات - استرات فينيل ايثلين - ثنائي الكيل فينيل كاربينول
موانع التآكل (0.01-0.1 في المائة بالوزن)	سكسينات الكيل اسيتر - نيترو الكانيات - امينات الكانول
محسنات الاحتراق (0.2-0.5 في المائة بالوزن)	طمي الكالسيوم – كاربونات الكالسيوم - باريوم وماغنيزيوم أكسيد
مخفضات الأدخنة (0.2-1 في المائة بالوزن)	أحماض كاربوكسيلية – أملاح أمونيوم
إضافات معالجة اللهب (0.5-0.75 في المائة بالوزن)	ماغنيزيم & ألومنيوم هيدروكسيد

سادساً - خلاصـــة

1- عندما تكون الطاقة الأ ولية من الوقود الاحفوري (أسعارمرتفعة + كلفة بيئية)، تتأكد أكثر الجدوى الاقتصادية لمشاريع كفاءة انتاج الطاقة .

2- أكثر من 95 % من مصادر الطاقة الأولية لانتاج الكهرباء في المنطقة هي من النفط والغاز، و ستستمر اسعارهما بالتأرجح وبالارتفاع، وتزداد ايضاً الهموم لناحية الانبعاثات والتغير المناخي، مما يزيد من ضرورة تحسين كفاءة الطاقة.

3- يتميز قطاع الكهرباء في البلدان العربيه، بمركزية القرار، لذلك فإن أي جهد حقيقي في مجال تحسين كفاءة قطاع الكهرباء سيؤدي الى نتائج ايجابية لا يستهان بها.

4- حاجة ملحة لإعطاء البعدين الاقتصادي و البيئي الأهمية اللازمة في عمليات الدراسة والتخطيط والتصميم والتجهيز والتشغيل والصيانة والتأهيل في قطاع انتاج الكهرباء.

5- لتحسين كفاءة الطاقة في قطاع الكهرباء منافع اقتصادية وبيئية يتوجب متابعتها عبر مؤشرات كمية ونوعية.

6- الجدوى الاقتصادية والبيئية تسهل عملية الحصول على التمويل الخارجي وتبرر التمويل الذاتي..

© Copyright 2014 ESCWA. All rights reserved. No part of this presentation in all its property may be used or reproduced in any form without a written permission

w-deghaili@hotmail.com

اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا

Thank you

شكراً

الأمم المتحدة

الاسكوا

ESCWA