

## الفهرس

رقم الصفحة	العنوان
4	خلاصة البحث
6	قائمة الرموز
8	قائمة الجداول
11	قائمة الاشكال
15	<b>الفصل الأول:مقدمة</b>
16	1.1 محتويات الأطروحة
16	2.1 تمهيد
17	3.1 مشكلة البحث
17	4.1 هدف البحث
18	5.1 الحدود المكانية والزمانية للبحث
18	6.1 منهج البحث
19	7.1 الأدوات المستخدمة في البحث
20	<b>الفصل الثاني: المحطات الإدخارية وآلية عملها</b>
21	1.2 المحطات الإدخارية وآلية عملها
22	2.2 أنواع الخزانات المائية وأشكالها
24	3.2 أنظمة عمل المحطات الإدخارية
28	4.2 الدراسات المرجعية
28	أ. مقدمة
32	ت.المحطة الإدخارية في منطقة زاغورسك- روسيا (2002)
37	ج . محطة غولدستيال في ألمانيا (2002-2003)
41	<b>الفصل الثالث: الطاقة المائية</b>
42	1.3 المائية في الطبيعة
43	2.3 المائية
48	2.3 أهمية المحطات الإدخارية
50	3.3 معايير اختيار مواقع المحطات الإدخارية
56	<b>الفصل الرابع: الطاقة المائية في الأحواض المائية في سورية</b>
57	1.4 مقدمة

61	2.4 اختيار المواقع الممكنة لإنشاء المحطات الإذخارية (خطوات العمل)
61	1. جمع المعطيات الهيدرولوجية عن الجريانات المائية
62	2. جمع خرائط الكترونية بنظام Gis
65	3. تصدير الخرائط إلى برنامج Google Earth pro
66	4. إجراءات معالجة البيانات ثم تحديد المواقع الممكنة
69	5. رسم وإظهار مقطع طولي يبين المواقع الممكنة لإنشاء محطة إذخارية
70	3.4 تحديد الأحواض المائية الممكن إنشاء محطات إذخارية فيها
70	1- حوض دجلة والخابور
71	2- حوض البادية
72	3- حوض بردى والاعوج
73	4- حوض الفرات
74	5- حوض العاصي
76	6- حوض الساحل
79	7- حوض اليرموك
82	4.4 دراسة وحسابات الطاقة المائية في الأحواض المائية
82	أ.حوض الفرات
82	1- الربط بين سدي تشرين والفرات
84	2- الربط بين سدي الفرات والبعث
85	3- سد حلبية زليبية
88	ب.حوض الساحل
88	1- حوض الكبير الشمالي (سدي 16 تشرين- برادون)
94	2- حوض البسيط (سد فاقى حسن)
96	3- حوض قنديل(سد بلوران)
99	4- حوض الصنوبر(سد الثورة)
102	5- حوض مرقية (سد الصوراني)
103	6- حوض الكبير الجنوبي (سدي المزينة- ثل حوش)
108	ج.حوض العاصي( الربط بين سدود أقاميا)
110	د.حوض اليرموك
110	أ- الربط بين سدي المنطرة وروبخنية

111	ب- الربط بين سدي كودنة ويريقة
113	5.4 الطاقة المائية الكامنة من المحطات الإذخارية في سورية
114	<b>الفصل الخامس: عمل المحطات الإذخارية في منظومة الطاقة الكهربائية</b>
115	1.5 المنحني التحليلي لمخطط الحمل اليومي
118	2.5 مساهمة المحطات الكهرومائية التقليدية HPP في مخطط الحمل اليومي
120	3.5 مساهمة المحطات الإذخارية PSP (البديل الأول)
121	4.5 مساهمة المحطات الإذخارية PSP (البديل الثاني)
123	5.5 دور المحطات الإذخارية PSP في تحسين معامل الحمل اليومي
124	6.5 الفعالية الاقتصادية للمحطات الإذخارية
129	<b>الفصل السادس: نتائج وتوصيات</b>
130	1.6 النتائج
131	2.6 خطة عمل لإنشاء محطات إذخارية
132	3.6 المقترحات والتوصيات
133	4.6 مقترحات للأبحاث المقبلة
134	<b>المراجع</b>

## خلاصة البحث

يقدم البحث تعريفاً للطاقة المائية في الطبيعة، وكيفية استخدامها لتوليد الطاقة الكهربائية، ثم يستعرض الأشكال الأساسية للمحطات التي تقوم بعملية تحويل الطاقة السابقة وصولاً إلى المحطات الإيدخارية وهو موضوع بحثنا.

يقدم البحث دراسة مرجعية لتطور استخدام المحطات الإيدخارية في العالم ودورها في المشاركة بتغطية منحنى الحمل اليومي، وتضمن سرداً لعدد من الأمثلة العالمية الرائدة في إطار الاستغلال الأمثل للطاقة المائية الكامنة في كلاً من أمريكا وروسيا وألمانيا.

ويتضمن البحث معايير اختيار مواقع المحطات الإيدخارية، والتركيز على مؤشرات الطاقة الرئيسية. وتم في إطار البحث تحديد المواقع الممكنة لإنشاء المحطات الأيدخارية في الأحواض المائية في سورية وحساب الطاقة والاستطاعة المائية في كل موقع ممكن ومن ثم مساهمة المحطات الإيدخارية في منحنى الحمل اليومي ومناقشة البدائل، ودور المحطات الإيدخارية في إعادة توزيع الطاقة الكهربائية مع الزمن، وتحسين معامل الحمل اليومي واقتصارها الوقود للمحطات الحرارية. انتهى البحث بوضع بعض التوصيات والمقترحات للإرتقاء باستغلال الطاقة المائية الكامنة ودورها في مخطط العام للطاقة والاهتمام بهذه المشاريع لما لها من مزايا إيجابية: فنية واقتصادية وبيئية. ويتطلب تنفيذ هذه المشاريع تضافر جهود المؤسسات البحثية مع المؤسسات التنفيذية المعنية في مجال الطاقة المائية .

## Abstract

**This study introduces a definition of hydropower in nature, and how it is used to generate electric power, and then reviews the basic shapes of the plants in the process of converting the former pumped storage up to the stations an issue we discussed.**

**This study introduces a review of the development of the used pumped storage in the world and regulation to cover the variable part of the daily load curve. It also includes a number of pilot projects concerning exploiting in water energy Potential in both America and Russia and Germany.**

**And this study includes a search Filter pumped storage locations and focus on energy indicators Standards. It was in the framework of the search to identify possible sites for the establishment pumped storage in water basins in Syria and the calculation of energy and water possible in every possible site and then contribute to pumped storage in daily load curve and discuss alternatives, and the role of pumped storage plants in re-distribution of electric power with time, and improve load factor and restricted of fuel for thermal plants.**

**The study was concluded with a simple work plan for used potential water energy and suggestions for future research topics and its role in the general scheme of energy and on attention such projects because of its positive advantages: technical, economic and environmental. And requires the implementation of these projects combined research efforts of institutions with executive institutions involved in the field of hydro power.**

Units الوحدات	قائمة الرموز		
-	Geographic Information Systems	نظم المعلومات الجغرافية	<b>G</b>
-	Digital elevation model	نموذج الارتفاع الرقمي	<b>DEM</b>
-	Hydro power plants	المحطات الكهرومائية التقليدية	<b>H</b>
-	Pumped Storage plants	المحطات الإذخارية	<b>PSP</b>
Watt (Kw)	Capacity	الاستطاعة	<b>N</b>
Sec (hours)	Time	الزمن	<b>t</b>
m/sec	Velocity	السرعة الوسطية للجريان	<b>V</b>
m <sup>3</sup> /s	Flow	الغزارة الممررة	<b>Q</b>
m <sup>3</sup>	Volume	الحجم	<b>W</b>
m	Head	الضاغط	<b>H</b>
Kw.h	Potential water energy	الطاقة المائية الكامنة	<b>E</b>
-	Pump	المضخة	<b>p</b>
Kw.h	Consumption Energy	طاقة الضخ	<b>E<sub>P</sub></b>
Kw	Pumped Capacity	استطاعة الضخ	<b>N<sub>P</sub></b>
-	Pump efficiency	مردود المحطة بنظام الضخ	<b>η<sub>P</sub></b>
-	Turbine	العنفة	<b>T</b>
Kw.h	Production Energy	طاقة العنفات	<b>E<sub>T</sub></b>

<b>Kw</b>	<b>Generation capacity</b>	استطاعة العنفات	<b><math>N_T</math></b>
-	<b>Turbine efficiency</b>	مردود المحطة بنظام التوليد	<b><math>\eta_T</math></b>
-	<b>Motor</b>	المحرك	<b>M</b>
-	<b>Generation</b>	المولدة	<b>G</b>
-	<b>Motor/Generation</b>	المحرك/المولد	<b>M/G</b>
<b>m</b>	<b>Horizontal distance</b>	المسافة بين الخزائين	<b>L</b>
-	<b>ratio Length/ head</b>	نسبة المسافة/الضاغط المائي	<b>L/H</b>
-	<b>Site Suitability Factor</b>	معييار اختيار المواقع	<b>SSF</b>
-	<b>Site</b>	الموقع	<b>S</b>
	<b>identify</b>	ذاتية الموقع	<b>id</b>
-	<b>Load Factor</b>	معامل الحمل	<b>L.F</b>
<b>Kg/kw.h</b>	<b>Specific Fuel Consumption</b>	الاستهلاك النوعي للوقود	<b>SFC</b>

## قائمة الجداول

رقم الصفحة	الجدول
30	الجدول (1-2) بعض المحطات الإيدخارية في دول العالم
33	الجدول (2-2) مؤشرات الطاقة لمحطة زاغورسك zagorsk الإيدخارية
48	الجدول (1-3) تنوع مصادر الطاقة التي تعتمد عليها سورية في تغطية مخطط الحمل
54	الجدول (2-3) معايير اختيار المواقع
66	الجدول (1-4) بيانات اللازمة لتحديد المواقع
68	الجدول (2-4) بيانات توصيف الموقع
70	الجدول (3-4) المحطات الإيدخارية في حوض دجلة والخابور
71	الجدول (4-4) المحطات الإيدخارية في حوض البادية
73	الجدول (5-4) المحطات الإيدخارية في حوض بردى والأعوج
73	الجدول (6-4) المحطات الإيدخارية في حوض الفرات
74	الجدول (7-4) المحطات الإيدخارية في حوض العاصي
77	الجدول (8-4) المحطات الإيدخارية في حوض الساحل
79	الجدول (9-4) المحطات الإيدخارية في حوض اليرموك
82	الجدول (10-4) المواصفات الفنية لبحيرة سد تشرين
83	الجدول (11-4) المواصفات الفنية لبحيرة سد الفرات
83	الجدول (12-4) حسابات الطاقة المائية للربط بين سدي تشرين والفرات
84	الجدول (13-4) المواصفات الفنية لبحيرة سد البعث
85	الجدول (14-4) حسابات الطاقة المائية للربط بين سدي الفرات والبعث
85	الجدول (15-4) المواصفات الفنية لبحيرة سد حلبية زليبية
87	الجدول (16-4) حسابات الطاقة المائية للمواقع القريبة من سد حلبية زليبية
89	الجدول (17-4) المواصفات الفنية لبحيرة سد 16 تشرين
90	الجدول (18-4) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد 16 تشرين
90	الجدول (19-4) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد 16 تشرين
91	الجدول (20-4) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد 16 تشرين
92	الجدول (21-4) المواصفات الفنية لبحيرة سد برادون

- 93 الجدول (4-22) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد برادون
- 93 الجدول (4-23) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد برادون
- 94 الجدول (4-24) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد برادون
- 95 الجدول (4-25) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد فاقي حسن
- 96 الجدول (4-26) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد فاقي حسن
- 96 الجدول (4-27) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من فاقي حسن
- 97 الجدول (4-28) المواصفات الفنية لبحيرة سد بلوران
- 98 الجدول (4-29) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد بلوران
- 98 الجدول (4-30) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد بلوران
- 99 الجدول (4-31) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد بلوران
- 99 الجدول (4-32) المواصفات الفنية لبحيرة سدالثورة
- 100 الجدول (4-33) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد الثورة
- 101 الجدول (4-34) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد الثورة
- 101 الجدول (4-35) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد الثورة
- 102 الجدول (4-36) المواصفات الفنية لبحيرة سد الصوراني
- 103 الجدول (4-37) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد الصوراني
- 103 الجدول (4-38) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد الصوراني
- 103 الجدول (4-39) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد  
الصوراني
- 104 الجدول (4-40) المواصفات الفنية لبحيرة سد المزينة
- 105 الجدول (4-41) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد المزينة
- 105 الجدول (4-42) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد المزينة
- 106 الجدول (4-43) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد المزينة
- 106 الجدول (4-44) المواصفات الفنية لبحيرة سد تل حوش
- 108 الجدول (4-45) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد تل حوش
- 108 الجدول (4-46) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد تل حوش
- 108 الجدول (4-47) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من تل حوش
- 110 الجدول (4-48) حسابات الطاقة المائية للمحطات الإدخارية في مجمع أفاميا
- 110 الجدول (4-49) المواصفات الفنية لبحيرة سدالمنطرة
- 110 الجدول (4-50) المواصفات الفنية لبحيرة سد رويحينية

- 111 الجدول (4-51) حسابات الطاقة المائية للمحطات الإذخارية في المنطرة-  
رويحية
- 112 الجدول (4-52) المواصفات الفنية لبحيرة
- 112 الجدول (4-53) المواصفات الفنية لبحيرة بريقة
- 113 الجدول (4-54) حسابات الطاقة المائية للمحطات الإذخارية في كودنة- بريقة
- 116 الجدول (5-1) قيم معامل الحمل
- 127 الجدول (5-2) المقارنة الاقتصادية بين المحطة الإذخارية والمحطة الغازية

## قائمة الاشكال

رقم الصفحة	الشكل
18	الشكل (1-1) الأحواض المائية في الجمهورية العربية السورية
21	الشكل (1-2) نموذج لعمل محطة إيدارية
22	الشكل (2-2) مكونات منشأة المحطة الإيدارية
23	الشكل (3-2) أنواع الخزانات المائية
24	الشكل (4-2) أشكال الربط بين السدود
26	الشكل (5-2) النماذج الأساسية لتركييب المكنة الكهرومائية في المحطات التخزينية
26	الشكل (6-2) نظام المدمج
27	الشكل (7-2) توضع المحرك والمولدة بين العنفة والمضخة في النظام المدمج
27	الشكل (8-2) توضع المحرك والمولدة فوق المضخة والعنفة في النظام المدمج
28	الشكل (9-2) نظام مدمج عكوس reversible turbine
29	الشكل (10-2) المحطات الإيدارية المركبة في العالم
31	الشكل (11-2) انتشار المحطات الإيدارية في أمريكا
31	الشكل (12-2) المحطة الإيدارية على جبل راكون
32	الشكل (13-2) محطة زاغورسك الإيدارية- روسيا
35	الشكل (14-2) طريقة عمل محطة زاغوسك الإيدارية PSP1
35	الشكل (15-2) طريقة عمل محطة زاغوسك الإيدارية PSP2
37	الشكل (16-2) توزع المحطات الإيدارية في ألمانيا
38	الشكل (17-2) موقع محطة غولديستال الألمانية في منطقة تورينغن
39	الشكل (18-2) صورة جوية لمحطة غولديستال يظهر فيها الخزائين المائيين
39	الشكل (19-2) يوضح الخزان العلوي وتركييب العنفة ومنسوب المياه في الخزان السفلي لمحطة غولديستال
40	الشكل (20-2) الاحتياطي السريع لمحطة غولديستال
40	الشكل (21-2) دور محطة غولديستال الإيدارية في ظل تنامي المحطات الريحية
42	الشكل (1-3) الدورة الهيدرولوجية
43	الشكل (2-3) تيار مائي عريض

- 46 الشكل (3-3) حالة محطة إدارية تعمل في تغذية نظام الطاقة العام
- 49 الشكل (4-3) مشاركة المحطات في تغطية الحمل اليومي عام 2009
- 51 الشكل (5-3) معايير اختيار مواقع المحطات الإدارية
- 55 الشكل (6-3) علامات عوامل اختيار موقع المحطة الإدارية
- 57 الشكل (1-4) الأحواض المائية في الجمهورية العربية السورية
- 58 الشكل (2-4) توزيع خطوط الهطول المطري في الأحواض المائية في سورية
- 59 الشكل (3-4) خارطة الطبوغرافية في سورية
- 60 الشكل (4-4) خارطة توزيع السدود في سورية
- 60 الشكل (5-4) خارطة توزيع السدود في سورية حسب تصنيف الحجم المائية
- 62 الشكل (6-4) أشكال توضح الخزانات المائية
- 63 الشكل (7-4) الربط بين السدود القائمة
- 63 الشكل (8-4) Google Earth Photography
- 64 الشكل (9-4) خطوط الكنتور
- 64 الشكل (10-4) تحديد محور جسم السد وحدود البحيرة
- 67 الشكل (11-4) مخطط الدراسة الطاقية للمواقع
- 67 الشكل (12-4) مثال لعملية استبعاد المواقع
- 69 الشكل (13-4) مقطع طولي يوضح فرق الارتفاع
- 72 الشكل (14-4) حوض بردى والأعوج
- 76 الشكل (15-4) يوضح DEM لحوض الساحل
- 77 الشكل (16-4) الأحواض الصبابة في حوض الساحل
- 79 الشكل (17-4) الأحواض الرئيسية في حوض اليرموك
- 82 الشكل (18-4) المواقع الممكنة في حوض الفرات
- 83 الشكل (19-4) الربط بين سدي تشرين والفرات
- 84 الشكل (20-4) الربط بين سدي الفرات والبعث
- 86 الشكل (21-4) سد حلبية زلبية المقترح إنشاؤه
- 86 الشكل (22-4) المواقع المتوقعة القريبة من سد حلبية زلبية
- 88 الشكل (23-4) المواقع الممكنة لإنشاء محطات إدارية في حوض الساحل
- 89 الشكل (24-4) تغيرات حجم التخزين ومناسيب المياه في بحيرة سد 16 تشرين مع الزمن
- 89 الشكل (25-4) المواقع المتوقعة القريبة من سد 16 تشرين

- 90 الشكل (4-26) مقطع طولي للموقع id1
- 91 الشكل (4-27) إجمالي الطاقة المائية من المحطات الإيدخارية من سد 16  
تشرين
- 92 الشكل (4-28) المواقع المتوقعة في سد بردون
- 92 الشكل (4-29) مقطع طولي للموقع id2
- 93 الشكل (4-30) إجمالي الطاقة المائية من المحطات الإيدخارية من سد بردون
- 95 الشكل (4-31) المواقع المتوقعة في سد فاقي حسن
- 95 الشكل (4-32) مقطع طولي للموقع id1
- 97 الشكل (4-33) المواقع المتوقعة في سد بلوران
- 97 الشكل (4-34) مقطع طولي للموقع id2
- 98 الشكل (4-35) إجمالي الطاقة المائية من المحطات الإيدخارية من سد بلوران
- 100 الشكل (4-36) المواقع المتوقعة في سد الثورة
- 100 الشكل (4-37) مقطع طولي للموقع id2
- 101 الشكل (4-38) إجمالي الطاقة المائية من المحطات الإيدخارية من سد الثورة
- 102 الشكل (4-39) المواقع المتوقعة في حوض الصوراني
- 105 الشكل (4-40) المواقع المتوقعة في سد المزينة
- 106 الشكل (4-41) إجمالي الطاقة المائية من المحطات الإيدخارية من سد المزينة
- 107 الشكل (4-42) المواقع المتوقعة في سد تل حوش
- 107 الشكل (4-43) مقطع طولي للموقع id1
- 109 الشكل (4-44) المواقع المتوقعة في سدود أفاميا
- 109 الشكل (4-45) إجمالي الطاقة المائية من المحطات الإيدخارية من سدود أفاميا
- 111 الشكل (4-46) الربط بين سدي المنطرة ورويحية
- 112 الشكل (4-47) الربط بين سدي كودنة وبريقة
- 112 الشكل (4-48) مقطع طولي لخط الوصل بين سدي كودنة وبريقة
- 115 الشكل (4-49) إجمالي الطاقة المائية الكامنة من المحطات الإيدخارية في سورية
- 115 الشكل (5-1) المنحني التحليلي لمخطط الحمل اليومي في نظام الطاقة  
الكهربائي
- 116 الشكل (5-2) منحني الحمل اليومي للأعوام (2000-2009)
- 117 الشكل (5-3) منحني الحمل اليومي المتوقع لعام (2020)
- 118 الشكل (5-4) تغيرات الطاقة المولدة من سدود الفرات على مدار 35 سنة

- 119 الشكل (5-5) مساهمة المحطات الكهرومائية التقليدية في منحنى الحمل
- 119 الشكل (6-5) نطاق عمل المحطات الحرارية في ظل HPP في منحنى الحمل
- 120 الشكل (7-5) مساهمة المحطات الإذخارية (البديل الأول)
- 120 الشكل (8-5) نطاق عمل المحطات الحرارية في ظل مساهمة PSP البديل الأول
- 122 الشكل (9-5) شبكات الربط الكهربائي في سورية
- 122 الشكل (10-5) نطاق عمل المحطات الحرارية في ظل مساهمة PSP البديل الثاني
- 123 الشكل (11-5) المقارنة بين مساهمة المحطات الكهرومائية في منظومة الطاقة الكهربائية
- 124 الشكل (12-5) المخططات النهائية لعمل المحطات الحرارية في منظومة الطاقة الكهربائية

# الفصل الأول

## مقدمة

## 1.1 محتويات الأطروحة:

تتضمن الأطروحة ستة فصول:

- الفصل الأول : المقدمة من تمهيد، ومشكلة، وهدف البحث، والحدود المكانية، والزمانية للبحث، ومنهج البحث، والأدوات المستخدمة في البحث.

- يتضمن الفصل الثاني: توصيف عن المحطات الإذخارية وآلية عملها وأشكالها الأساسية، وتاريخ المحطات الإذخارية، وتم كذلك توضيح مجموعة من الدراسات المرجعية وسرد الدروس المستفادة منها.

- يتضمن الفصل الثالث: الطاقة المائية والحسابات الأساسية لها، ووضع معايير اختيار مواقع المحطات الإذخارية، وأهمية المحطات الإذخارية في نظام الطاقة العام.

- يوضح الفصل الرابع: أسلوب العمل المتبع في تحديد المواقع الممكنة لإنشاء المحطات الإذخارية في الأحواض المائية بالإعتماد على معايير اختيار المواقع، واستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، ثم تصدير هذه البيانات إلى برنامج (Google Earth)، وتحديد المواقع الممكنة ومعرفة الطاقة المُولدة في كل موقع ممكن.

- وصف الفصل الخامس: عمل المحطات الإذخارية في منظومة الطاقة الكهربائية في سورية، والبدائل المقترحة ودورها في تحسين معامل الحمل اليومي.

- خصص الفصل السادس: لمناقشة النتائج التي تم التوصل إليها في الأحواض المائية الممكنة، والتركيز على صياغة عدد من المقترحات والتوصيات المتعلقة بكل موقع، والتوصيات التي يمكن تعميمها لاستخدام المحطات الإذخارية في المنظومة الكهربائية السورية والدراسات المستقبلية.

## 2.1 تمهيد:

إن تطور المجتمعات البشرية بحاجة لكل زيادة في إنتاج الطاقة الكهربائية، فمحطات توليد الطاقة الكهربائية متنوعة ولكل نوع من هذه المحطات مزايا مختلفة إيجابية وسلبية، ومن الخطأ المقارنة بينها لهدف التفضيل، فمنظومة الطاقة تحتاج لمساهمة معظم المحطات ودمج عملها بشكل منسجم لتكمل بعضها البعض، وتحدد العلاقة بين استطاعتها طبيعة توازن الوقود الطاقوي وشكل تطور الطاقة في البلاد، وتعتبر الطاقة المائية الأكثر نضجاً بين موارد الطاقة المتجددة المستخدمة في توليد الكهرباء حتى الآن فلا بدّ من استغلال أية إمكانيات يمكن من خلالها توليد هذا العنصر الحيوي الهام للاقتصاد الوطني، وخصوصاً من بحيرات السدود والمجاري المائية. بما أن المحطات

الكهرومائية الكبيرة استنفذت طاقة الجريانات الرئيسية في البلاد، لذلك أصبح التفكير ببدائل كالمحطات الإذخارية استراتيجية تعتمد على معظم دول العالم حتى الغنية منها بالموارد المائية. تستخدم طاقة المحطات الإذخارية في تغطية جزء متغير الذروات من منحنى الحمل اليومي. نظراً لإمكاناتها العالية في المناورة بالاستطاعة وكفاءتها المميزة فضلاً عن دورها في إعادة توزيع (تشذيب) الطاقة الكهربائية مع الزمن.

انطلاقاً من أهمية هذا الموضوع كان لا بد من تسليط الضوء على الإمكانيات المتاحة لتوليد الطاقة الكهربائية في سورية وقت الذروة باستخدام المحطات الإذخارية وذلك بالبحث عن مواقع ممكنة لإنشاء هذا النوع من المحطات في سورية. ومخطوة أولية بالاستفادة من مواقع السدود المستثمرة أو قيد التنفيذ بمثابة إحدى خزانات هذه المحطات، والبحث عن موقع قريب للخزان الآخر يؤمن الشروط اللازمة لتصميم مثل هذه المحطات.

يقدم البحث مثلاً جيداً عن استخدام الأدوات العلمية والتقنية وتوظيفها في مجال الطاقة وخدمة المجتمع ورفد المنظومة الكهربائية، وتخفيف عمل المحطات الحرارية وقت الذروة وذلك بزيادة حصة المحطات الكهرومائية، وهذا الأمر يحتاج التعاون الوثيق ما بين العديد من التخصصات العلمية إضافة لاهتمام ودعم حقيقي ومتابعة حثيثة ما بين الجهات ذات الصلة حتى لا تبقى النتائج والأفكار والمقترحات حبيسة في ظلمات المكتبات الشخصية والعامة يعلوها الغبار ويمحوها النسيان.

### 3.1 مشكلة البحث:

تعتبر سورية من البلاد الفقيرة نسبياً بالجريانات السطحية (النهرية) المستثمرة، فالأنهار الأساسية التي يمكن الاعتماد عليها في توليد الطاقة (كنهري الفرات والعاصي) استنفذت طاقتها بالمحطات الكهرومائية التقليدية المبنية عليها، وحتى تاريخه لم تُثار فكرة بناء محطات إذخارية والتي ليست بحاجة لجريان مستمر وبإمكانها المساهمة في تغطية احتياجات القطر من الطاقة الكهربائية بالمشاركة مع المحطات الحرارية والغازية.

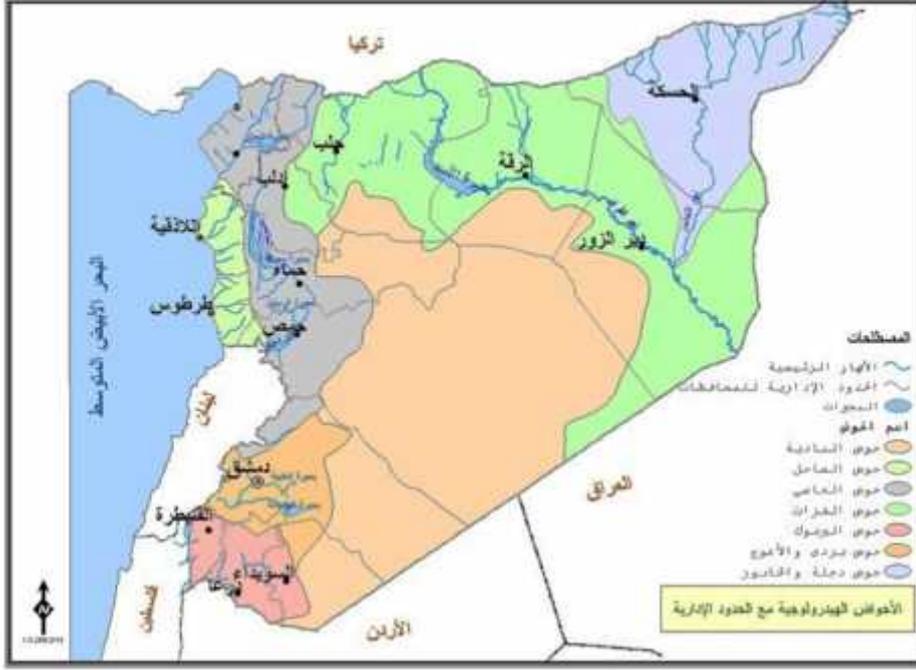
### 4.1 هدف البحث:

وضع قاعدة بيانات للطاقة المائية الكامنة وإمكانية استثمارها في بناء محطات كهرومائية إذخارية تساهم في إعادة توزيع توليد الطاقة الكهربائية المستهلكة في مخطط الحمل اليومي في سورية.

## 5.1 الحدود المكانية والزمانية للبحث:

### - الحدود المكانية:

الأحواض المائية في سورية، حيث قسمت سورية إلى سبعة أحواض مائية أساسية [40] وهي مبينة في الشكل (1).



الشكل (1-1) الأحواض المائية في الجمهورية العربية السورية [40]

### -الحدود الزمانية:

تضمنت البيانات المستخدمة في البحث: بيانات عن تخزين السدود خلال الفترة (2000-2014) من وزارة الموارد المائية إضافة إلى مجموعة كبيرة من الخرائط للأحواض المائية. وبيانات إحصائية للمنظومة الكهربائية السورية خلال الفترة (2000-2014) من وزارة الكهرباء. وأحدث البيانات المعتمدة كانت عدداً من الخرائط الجوية من (Google Earth pro) تعود إلى عام 2014.

## 6.1 منهج البحث

اتبع هذا البحث المنهج الوصفي في الفصلين الثالث والرابع والمنهج التحليلي في الفصل

الخامس.

## 7.1 الأدوات المستخدمة في البحث:

- برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (Gis): باتت هذه البرمجيات المستخدمة على نطاق واسع في مختلف المجالات العلمية والعملية لما لها من دور لربط البيانات الوصفية والمكانية والربط ما بين مختلف مجالات العلوم، وقد تم التعامل في إطار هذه الدراسة مع برنامجي ArcCatalog 10.1 و ArcMap10.1 حيث يشكل الأول أداة لإدارة الملفات وتخزين البيانات وعرضها أما الثاني فيقدم مجموعة واسعة من أدوات العرض والتحليل المكاني للبيانات وإنتاج بيانات جديدة.

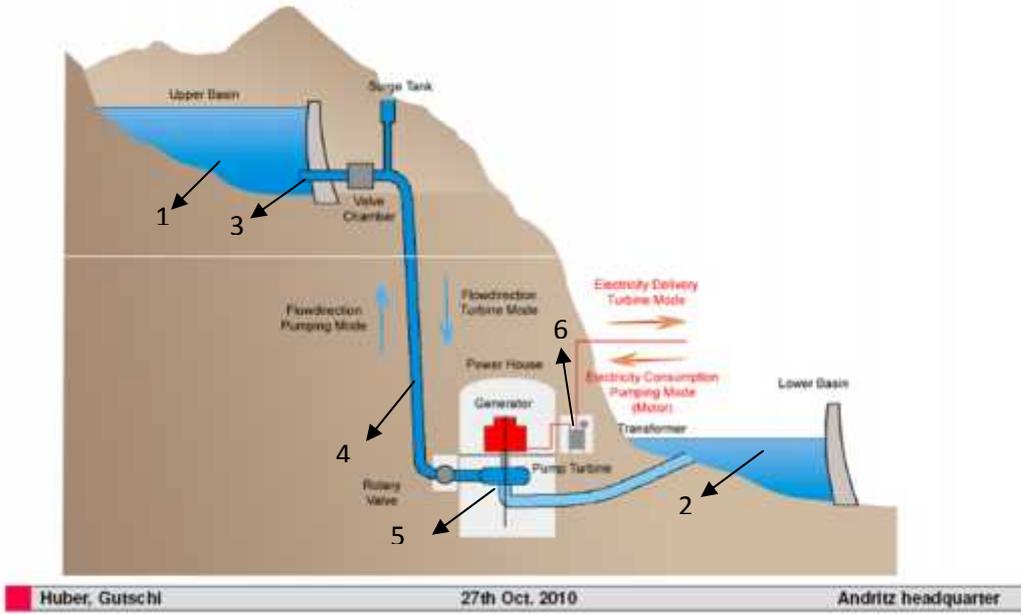
- Google Earth pro: هو برنامج خرائطي وجغرافي معلوماتي يرسم البرنامج خريطة للأرض عن طريق تركيب الصور التي تم الحصول عليها من صور الأقمار الصناعية، والتصوير الجوي ونظم المعلومات الجغرافية الثلاثية الخاصة بالكرة الأرضية.

## الفصل الثاني

### المحطات الإحصائية وألية عملها

## 1.2 المحطات الإيدارية وآلية عملها:

المحطات الإيدارية : هي عبارة عن محطات كهرومائية، تعمل على نظامي الضخ والتوليد. ففي ساعات الليل حيث يقل الطلب على الطاقة الكهربائية تستخدم الطاقة الفائضة في تشغيل المحطة الإيدارية كمحطة ضخ تقوم بضخ المياه من الخزان السفلي إلى الخزان العلوي مدخرةً بذلك الطاقة الكهربائية المستهلكة على شكل طاقة مائية كامنة، وفي ساعات النهار حيث يزيد الطلب على الكهرباء وتعجز المحطات الأخرى في تلبية هذه الاحتياجات تقوم المحطة الإيدارية بإعادة المياه من الخزان العلوي إلى السفلي حيث تعمل آلاتها المائية كعنفات تقوم بتوليد الكهرباء. لذلك فهي تساهم في إعادة توزيع الطاقة الكهربائية خلال اليوم لتلبية متطلبات المستهلكين وتخفف من كلف إنتاج الطاقة [38].



الشكل (1-2) نموذج لعمل محطة إيدارية [2]

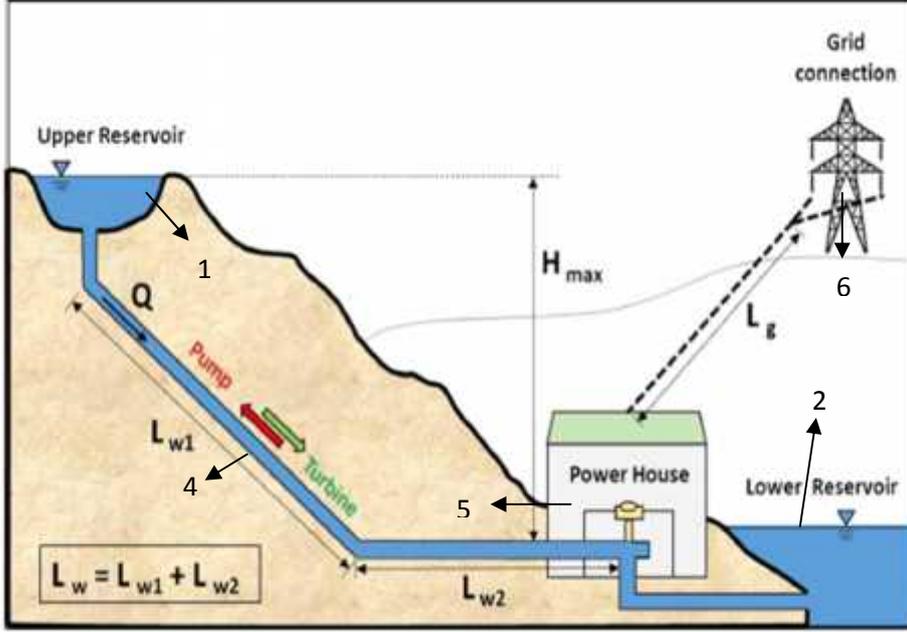
والمحطات الإيدارية قد تكون مطمورة [2] كما هو موضح في الشكل (1-2) أو مكشوفة [1] كما هو موضح في الشكل (2-2) ، وتتألف منشأة المحطة الإيدارية بشكل أساسي من :

- 1.خزان علوي.
- 2.خزان سفلي.
3. منشأة المآخذ المائي.

4. مجموعة أنابيب التوصيل بين الخزانات.

5. جسم المحطة.

6. ساحة المعدات الكهربائية الملحقة.



Schematic drawing of a pumped-storage power plant.

الشكل (2-2) مكونات منشأة المحطة الإذخارية [1]

## 2.2 أنواع الخزانات المائية وأشكالها:

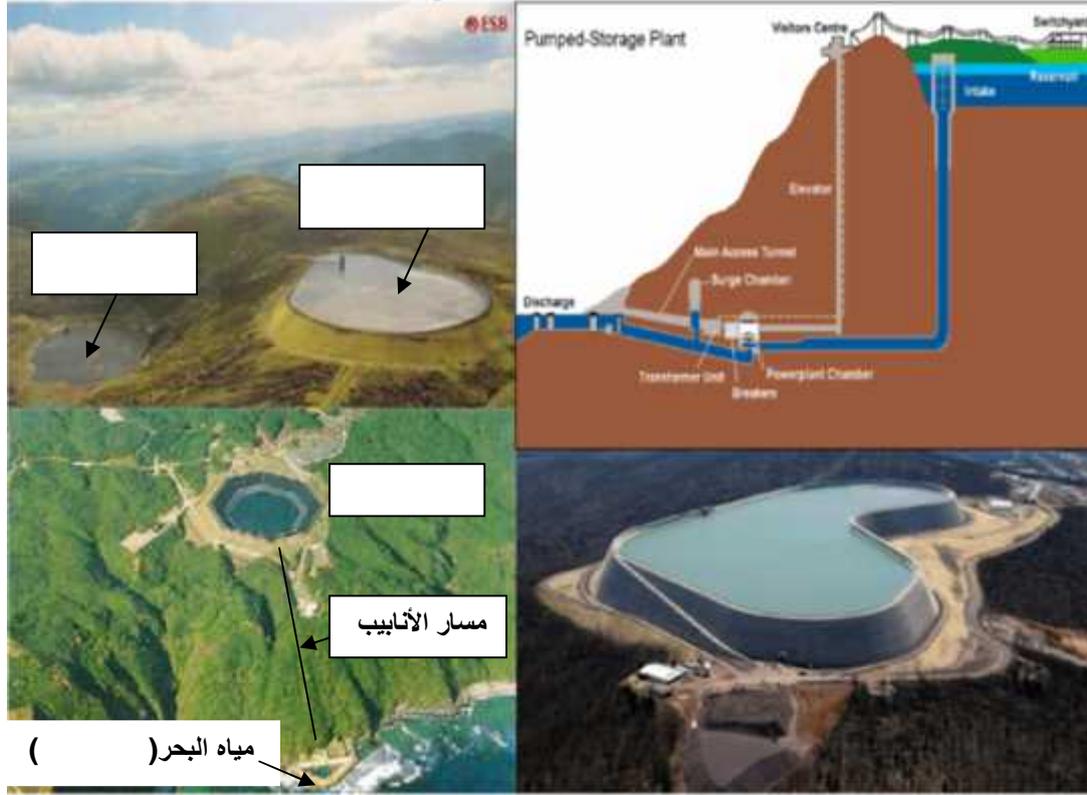
تحتاج المحطات الإذخارية إلى خزانات مائية طبيعية أو اصطناعية، ويمكن الاستفادة من مياه البحر كخزانات سفلية [7]. تختلف أنواع الخزانات المائية المستخدمة في المحطات الإذخارية وذلك حسب طبيعة المنطقة أو الحوض المائي المتوقع إنشاء محطات إذخارية فيه فالحلول المقترحة مختلفة وهذا تحدده الظروف الطبوغرافية للمنطقة [13].

يركز البحث على الاستفادة ما أمكن من السدود سواء كانت هذه السدود قائمة أو قيد التنفيذ والبحث

عن خزانات مائية أما تكون علوية أو سفلية على :

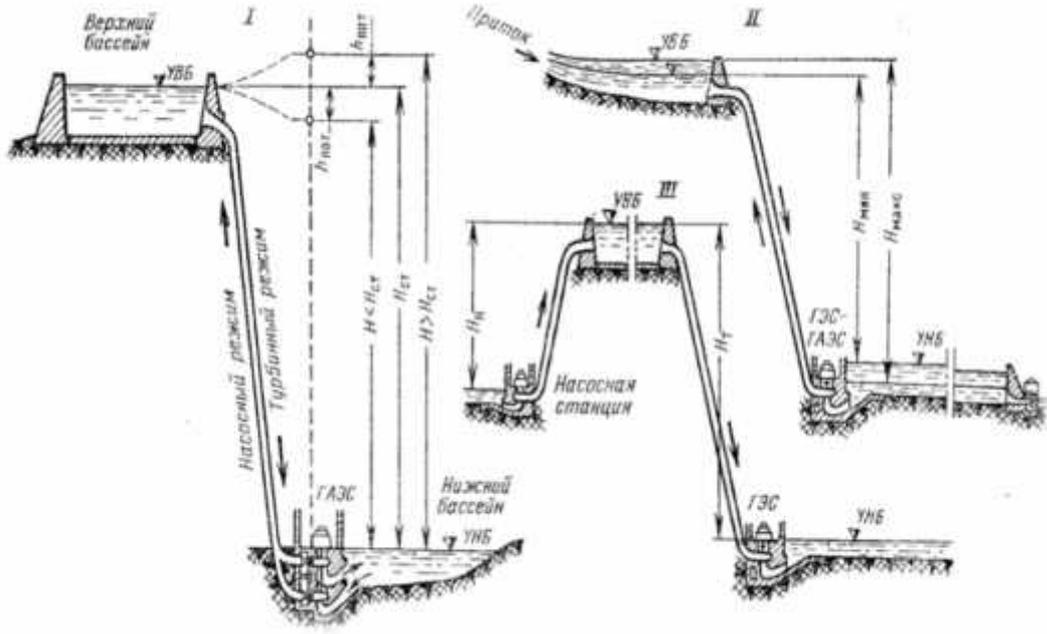
- وادي مجاور قريب من الخزان المائي المختار.
- مسيل فرعي قريب من الخزان المائي المختار.
- تلة أو قمة جبل قريبة من الخزان المائي المختار.

تعمل هذه المحطات حسب مدة تراكم المياه في الخزانات العلوية [7] بشكل: يومي، أسبوعي، موسمي.



الشكل (2-3) أنواع الخزانات المائية [7]

يُوضح الشكل (2-4) أشكال البحيرات وطرق الربط بينها. يعرض الشكل (I) النموذج الأول وهو الربط بين سد سفلي مستثمر مع سد (خزان مائي) علوي يتم إنشاؤه. النموذج الثاني (II) وهو الربط بين سدين مستثمرين أحدهما سفلي والآخر علوي، النموذج (III) وهو الربط بين سدين عن طريق خزان علوي يتم إنشاؤه.



الشكل (2-4) أشكال الربط بين السدود

### 3.2 أنظمة عمل المحطات الإيدارية:

أ. تعاريف هامة:

العنفة المائية: هي عبارة عن آلة تحول طاقة المياه المتحركة إلى طاقة دوران ميكانيكية، تنتقل إلى المولدة عن طريق المحور الذي يصل بين العجلة الدوارة للعنفة وروتر المولدة .  
المكنة الكهربائية: هي عبارة عن مجموعة العنفة والمحور معاً.

تتألف العنفة من أجزاء متحركة وأجزاء غير متحركة.

1- الأجزاء المتحركة: هي العجلة الدوارة و المحور.

2- الأجزاء غير المتحركة (ستاتر، غطاء العنفة، الحلزون، ريش التوجيه، المساند).

تخزن المياه في نظام الطاقة المائية بضواغط مختلفة تتراوح قيمتها من عدة أمتار حتى (1500- 2000 م) وللعمل ضمن هذا المجال الواسع للضواغط لا بد من استخدام مجموعة من العنفات تختلف من حيث شكل الأجزاء المتحركة فيها، ولكل نوع من هذه المجموعات ضواغطها المائية المميزة [38].

يمكن تصنيف العنفات حسب مايلي :

- أ- حسب طريقة استخدام العنفات للطاقة المائية يمكن تصنيفها إلى:
- عنفات رد فعلية وتستخدم الطاقة الكامنة والحركية للمياه.
  - عنفات فعلية (دفعية) وتستخدم الطاقة الحركية فقط.
- ب- حسب توضع محور المكنة الكهرومائية يمكن تصنيف العنفات إلى:
- شاقولية.
  - أفقية.
  - مائلة.
- ت- حسب مسار المياه بالنسبة لمحور دوران العنفة إلى:
- محورية (كابلان).
  - مائلة.
  - قطرية محورية (فرنسيس).
- ب. تصنيف المحطات الإذخارية:

تصنف المحطات الإذخارية وفقاً لعدة أطر نذكر منها وبشكل أساسي التصنيف في إطار مخطط معدات الطاقة الكهرومائية حيث تعمل المحطات الإذخارية وفق أنظمة عمل مختلفة وهي:

1- نظام منفصل.

2- نظام مدمج.

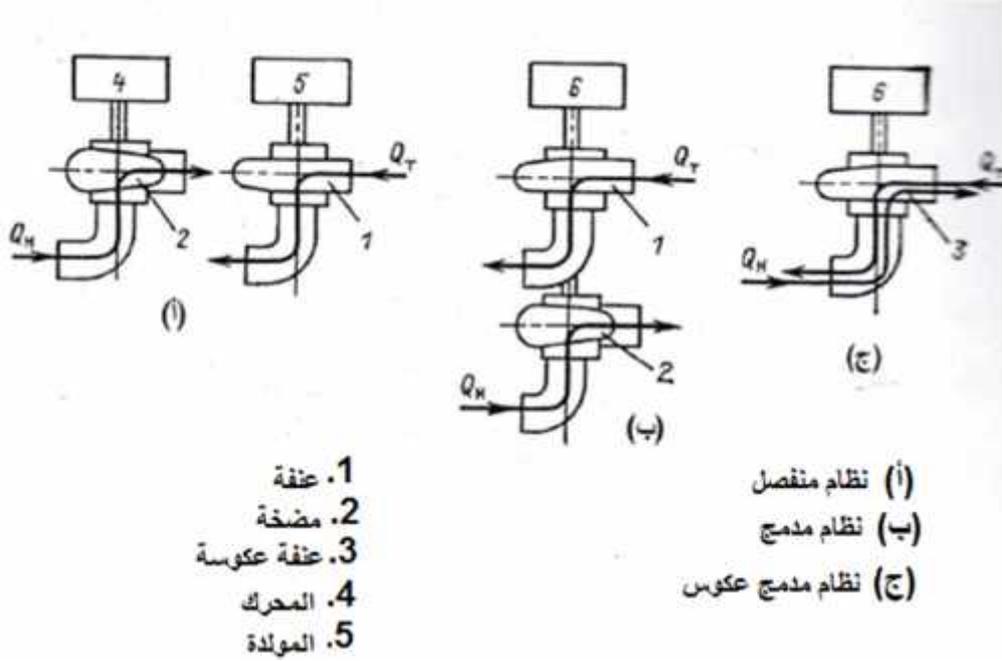
3- نظام مدمج عكوس.

يوضح الشكل (2-5) التشكيلات الأساسية للمكنات الكهرومائية في المحطات الإذخارية [38].

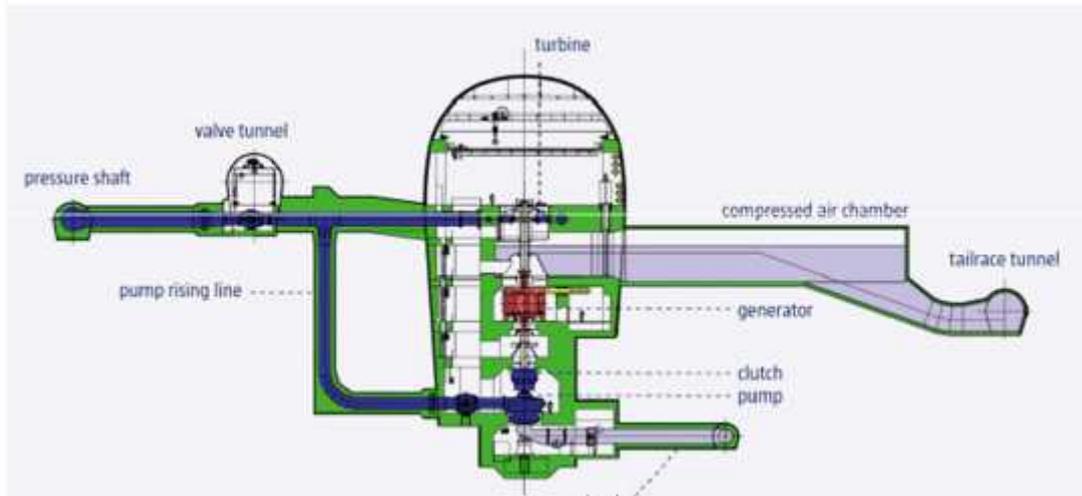
يعرض الشكل (أ) النموذج الأول يمثل النظام المنفصل: وهو مخطط رباعي يتألف من آلتين منفصلتين: إحداها تتألف من مولدة وعنفة، والأخرى من محرك ومضخة.

والنموذج (ب) يمثل النظام المدمج من الشكل ذاته: وهو مخطط ثلاثي الآلة: حيث تتوضع على محور واحد ثلاث آلات: الأولى هي عبارة عن محرك ومولدة، والثانية عنفة، والثالثة مضخة كما هو موضح في الشكل (2-6).

النموذج الثالث (ج) يمثل النظام المدمج العكوس: وهو مخطط ثنائي الآلة يتوضع فيه على محور واحد آلتان الأولى محرك- مولدة، والثانية عنفة- مضخة كما هو موضح في الشكل (9-2).

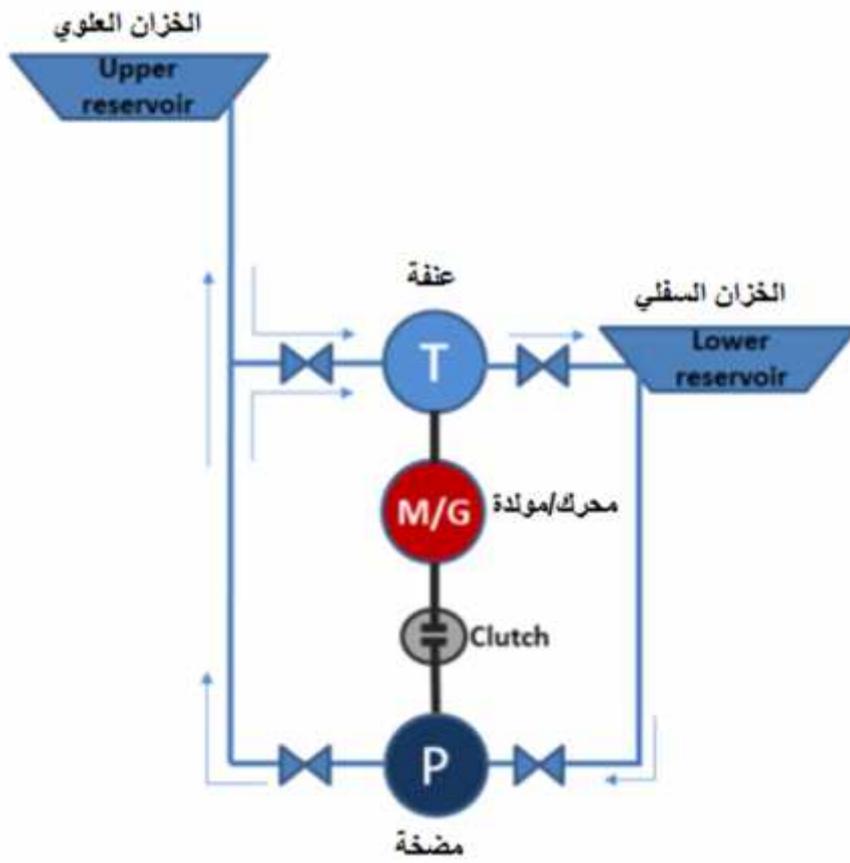


الشكل (5-2) النماذج الأساسية لترتيب المكنة الكهرومائية في المحطات التخزينية [38]

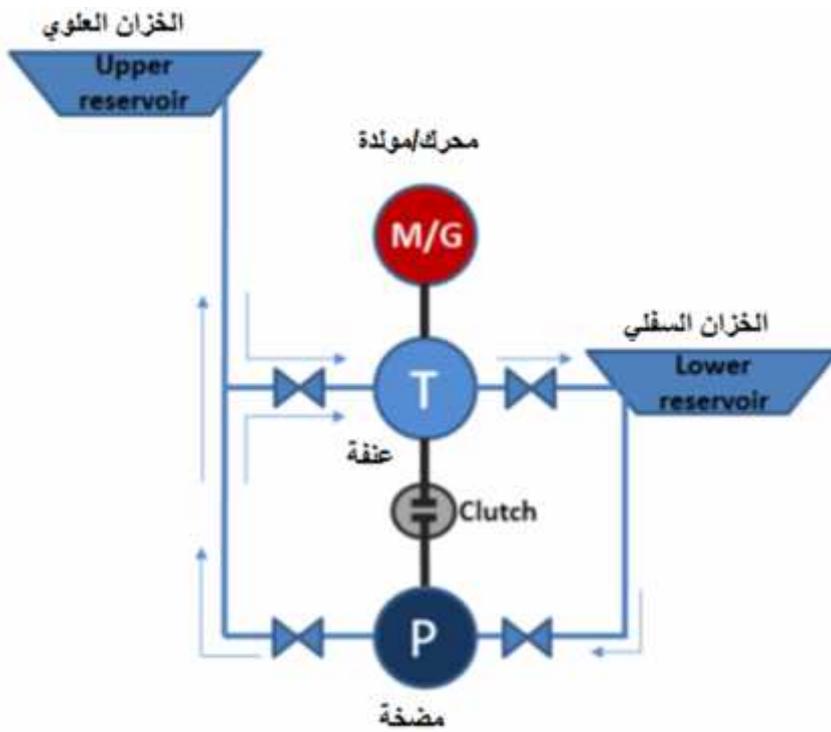


الشكل (6-2) يوضح نظام المدمج [2]

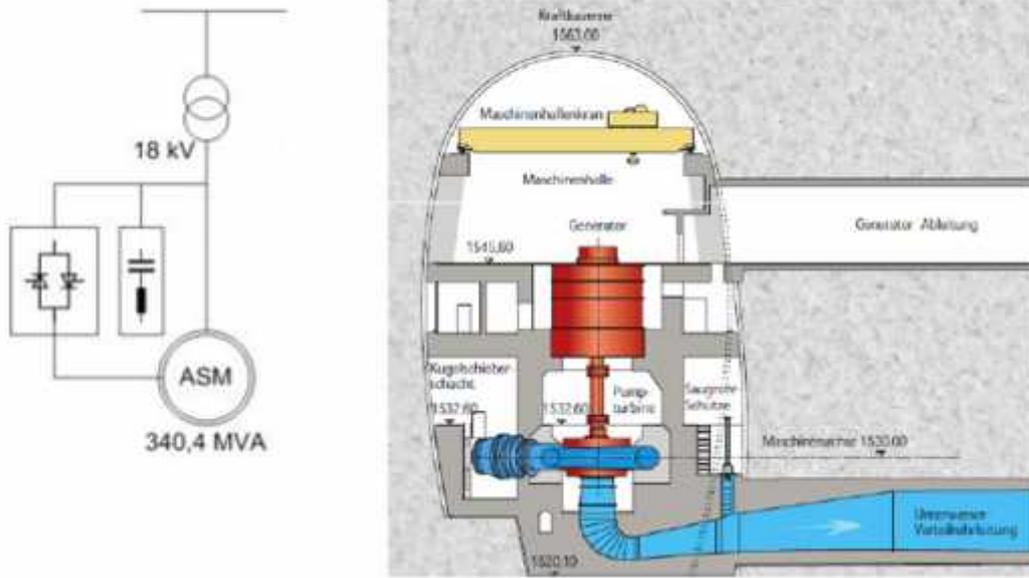
توضح الأشكال (7-2) و (8-2) المكونات الأساسية للمحطة الإيدخارية في النظام المدمج (عنفة، مضخة، محرك/مولدة) حيث يوضح الشكل (7-2) توضع المحرك والمولدة بين العنفة والمضخة ويبين الشكل (8-2) ترتيب بديل توضع المحرك والمولدة فوق كلا من المضخة والعنفة [2] ، [15].



الشكل (7-2) توضع المحرك والمولدة بين العنفة والمضخة في النظام المدمج [15]



الشكل (8-2) توضع المحرك والمولدة فوق المضخة والعنفة في النظام المدمج [15]



الشكل (2-9) نظام مدمج عكوس [2]

وهناك تصنيفات أخرى للمحطات الإيدارية لأبء من الإشارة إليها وهي حسب:

- الضاغظ المائي (منخفض - متوسط - كبير).

- الاستطاعة (صغيرة - متوسطة - كبيرة).

#### 4.2 الدراسات المرجعية:

أ - مقدمة:

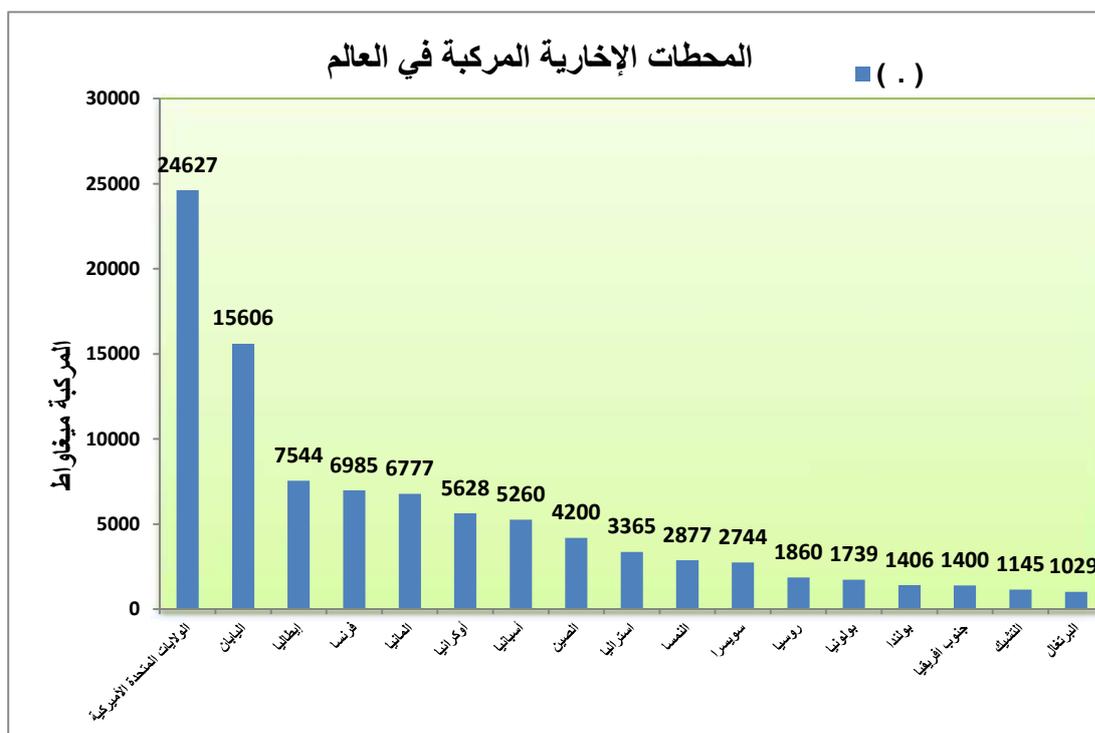
المحطات الإيدارية موضوعة في الخدمة بأكثر من (35) بلد، وهي متطورة بشكل كبير في أمريكا، اليابان، ألمانيا، إيطاليا، فرنسا و سويسرا. كان أول استخدام لتقنية المحطات الإيدارية في العالم في جبال الألب في سويسرا وإيطاليا وذلك خلال العقد الأول من القرن العشرين.

تعتبر محطة شافهازون في سويسرا أول محطة إيدارية في العالم وضعت في الخدمة عام (1909) م، ثم أخذت المحطات الإيدارية بالتطور في دول العالم منذ عام (1960) م، وبدأت بالتصاعد في أوروبا وبدأت فكرة انشاء المحطات الكهرمائية التقليدية بالتراجع وخاصة في الدول التي أراضيها سهلية (ميول خفيفة)، كما أن المحطات الإيدارية تؤدي نفس وظيفة المحطات الكهرمائية التقليدية في تغطية مخطط الحمل اليومي وإمكانياتها العالية في المناورة بالاستطاعة بإنتاج الطاقة الكهرمائية، والميزة الأهم للمحطات الإيدارية أنها لا تحتاج إلى جريانات مائية مستمرة كما هو الحال في المحطات الكهرمائية التقليدية.

بلغت عدد المحطات الإذخارية المركبة في العالم في بداية (2013) م إلى (350) محطة إذخارية باستطاعة إجمالية بحدود (152) غيغاواط منها (190) محطة موزعة في أنحاء أوروبا باستطاعة إجمالية مركبة (51) غيغاواط مقارنة مع عام (2011) م حيث كانت عدد المحطات الإذخارية في أوروبا (170) محطة باستطاعة إجمالية مركبة (45) غيغاواط مع العلم أن أكثر من نصف استطاعة هذه المحطات موزعة بشكل رئيسي : إيطاليا- ألمانيا- فرنسا- إسبانيا.

وحسب تقديرات وكالة الطاقة الدولية (IEA) ستزداد استطاعات المحطات الإذخارية في العالم من (3-5) مرات ما كانت عليه في 2013 [1].

يُوضح الشكل (2-10) انتشار هذه المحطات في العالم حتى تاريخ (2011) م، ويبين الجدول (2-1) توزيع المحطات الإذخارية المركبة في العالم.



الشكل (2-10) المحطات الإذخارية المركبة في العالم [1]

الجدول (1-2) المحطات الإيدخارية في بعض دول العالم [33]

<p><b>Czech Republic</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Dlouhé Strán ;, (1996), 650 MW</li> <li>•Dalešice, (1978), 450 MW</li> <li>•Št chovice, (1947), 45 MW</li> </ul>
<p><b>France</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grand Maison (1978), 1800 MW</li> <li>•La Coche, 285 MW</li> <li>•Le Cheylas, 485 MW</li> <li>•Montézic, 920 MW</li> <li>•Rance, 240 MW (hybrid pumped water-tidal plant)</li> <li>•Revin, 800 MW</li> <li>•Super Bissorte, 720 MW</li> </ul>
<p><b>Germany</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Erzhausen (1964), 220 MW</li> <li>•Geesthacht (Hamburg) (1958), 120 MW</li> <li>•Goldisthal (2002), 1,060 MW</li> <li>•Happurg (1958), 160 MW</li> <li>•Hohenwarte II (1966), 320 MW</li> <li>•Koepchenwerk (1989), 153 MW</li> <li>•Langenprozelten (1976), 160 MW</li> <li>•Markersbach (1981), 1,050 MW</li> <li>•Niederwartha, Dresden (1958), 120 MW</li> <li>•Waldeck II (1973), 440 MW</li> </ul>
<p><b>Australia</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Bendeela, 80 MW</li> <li>•Kangaroo Valley, 160 MW</li> <li>•Tumut Three, (1973), 1,500 MW</li> <li>•Wivenhoe Power Station, 500 MW</li> </ul>
<p><b>Austria</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Häusling (1988), 360 MW</li> <li>•Lünerseewerk (1958), 232 MW</li> <li>•Kühtai (1981), 250 MW</li> <li>•Malta-Hauptstufe (1979), 730 MW</li> <li>•Rodundwerk I (1952), 198 MW</li> <li>•Rodundwerk II (1976), 276 MW</li> <li>•Roßhag (1972), 231 MW</li> <li>•Silz (1981), 500 MW</li> </ul>
<p><b>China</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Guangzhou, (2000), 2,400 MW</li> <li>•Tianhuangping (2001), 1,800 MW</li> </ul>

تبين من الشكل (2-10) بأن الولايات المتحدة الأمريكية تمتلك لوحدها (135) محطة إدارية باستطاعة إجمالية مركبة بحدود (25) ألف ميغاواط ويوضح الشكل (2-11) توزع هذه المحطات في أمريكا [5].



الشكل (2-11) انتشار المحطات الإدارية في أمريكا [5]

حيث توجد أكبر محطة إدارية على مستوى العالم بولاية تينيسي (Tennessee) بالولايات المتحدة الأمريكية بجبل راكون (Raccoon) وقد تم إنشاء هذه المحطة عام (1978)م بتكلفة (300) مليون دولار باستطاعة مركبة /1600/ ميغاواط وبضاغط مائي /70/ م وحجم الخزان المائي العلوي (46) مليون م<sup>3</sup>، ويمكن للمحطة الاستمرار في العمل بكامل قدرتها دون توقف لمدة (22) ساعة مع زمن الضخ المراد لملء الخزان العلوي.



الشكل (2-12) المحطة الإدارية على جبل راكون [5]

أ. المحطة الإذخارية في منطقة زاغورسك (zagorsk) - روسيا (2002):

تقع زاغورسك (Zagorsk) على بعد (100) كم عن مدينة موسكو قرب بلدة (zergiev posad)

على نهر كوينيا (kounya) [17].



b



a



c

الشكل (2-13) محطة زاغورسك الإذخارية - روسيا [17]

a - موقع محطة زاغورسك. b - محطتي [ PSP2 - PSP1 ]. c - صورة توضح الخزائين والأنابيب المستخدمة لـ PSP1.

تم وضع المحطة الإذخارية في زاغورسك في الخدمة عام (2002) م، وتحتوي المحطة على:

- بحيرة علوية هي عبارة عن حاجز (سد) منفذة من الغضار الرملي بحجم تخزين /22.7/ مليون م<sup>3</sup>.

- مأخذ مائي .

- ستة خطوط أنابيب من نوع معدنية - طول كل منها /720/ م.
- محطة PSP (6 وحدات عكوسة) استطاعة كل واحد منها /200/ ميغاواط.
- بحيرة سفلية هي عبارة عن بحيرة سد ترابي على نهر kounya .
- الضاغط المائي المستخدم /100/ م .
- ساحة تحويل /500/ كيلو فولط.
- الاستطاعة المركبة لـ زاغورسك (zagorsk) /1200/ ميغاواط.
- يُوضح الجدول (2-2) مؤشرات الطاقة لمحطة زاغورسك الإداخارية.

الجدول (2-2) مؤشرات الطاقة لمحطة زاغورسك (zagorsk) الإداخارية [17]

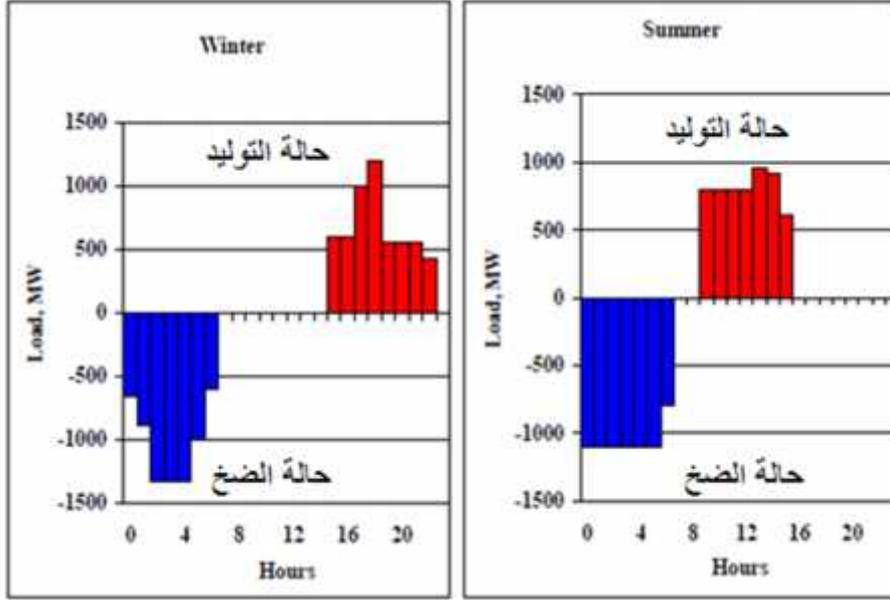
المؤشرات	وحدات القياس	الكميات
البحيرة العلوية		
منسوب التخزين الكامل / منسوب الحجم الميت	m	266.5/257.5
التخزين الكامل / التخزين المفيد	X10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	29.9/22.7
مساحة سطح مياه البحيرة عند المنسوب التخزين الاعظمي (الكامل)	Km <sup>2</sup>	2.7
البحيرة السفلية:		
منسوب التخزين الأعظمي / منسوب الحجم الميت	m	162.5/153.5
التخزين الكامل / التخزين المفيد	X10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>	49.5/34.6
مساحة سطح مياه البحيرة عند المنسوب التخزين الاعظمي (الكامل)	Km <sup>2</sup>	3.0
الضاغط التصميبي للنفثة / المضخة	m	100/105
الاستطاعة المركبة للمحطة في طرق تشغيل التوليد / الضخ	MW	1200/1320
الطاقة الكهربائية اليومية المنتجة (المولدة) بالتوليد صيفاً / شتاءً	GWh	.55/ 5.7

7.4/7.7	GWh	الطاقة الكهربائية اليومية المستهلكة (المصرفية) للضخ صيفاً / شتاءً
1700	GWh	الطاقة الكهربائية السنوية المنتجة بالتوليد
2300	GWh	الطاقة الكهربائية السنوية المستهلكة بالضخ

تهدف محطة زاغورسك (zagorsk) إلى حل المشاكل المتعلقة بعدم مراقبة طرق التشغيل المقررة في شبكة الطاقة الكهربائية لمنطقة موسكو، وتعتبر هذه الشبكة من أكبر شبكات الطاقة في روسيا وتولد أكثر من 10% من إجمالي الطاقة الكهربائية المنتجة في روسيا.

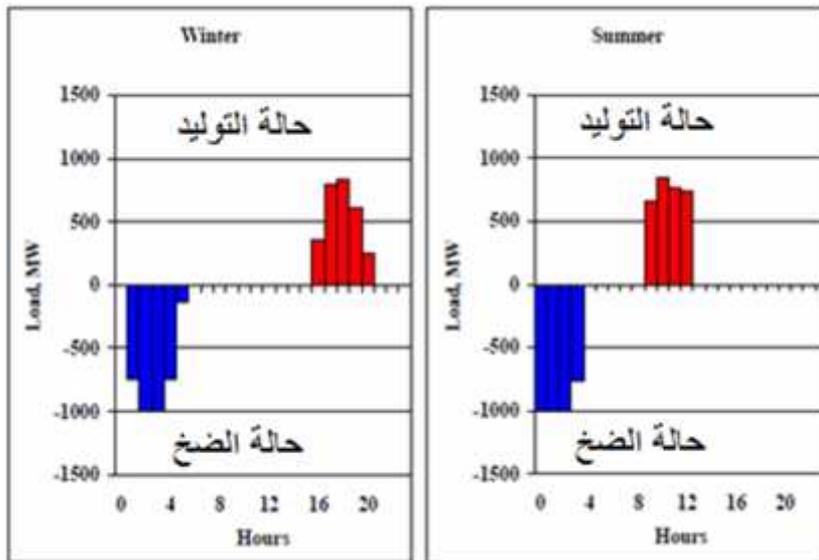
إن تفاقم الخلافات بين مدى تنظيم عمل محطات الطاقة (مساهمة المحطات النووية والحرارية العاملة في المنحنى الحمل اليومي في شبكة الطاقة المتكاملة للمركز أكثر من 80%)، والجزء المتغير للاستهلاك ( عامل الحمولة اليومية بحده الأدنى من (0.70) إلى (0.72)) يعتبر إحدى المشاكل الرئيسية بشبكة الطاقة الكهربائية الروسية، ولهذا السبب كان هناك عجز لسنوات عديدة في التوليد باستطاعة حوالي/3000/ ميغاواط .

إن وضع محطة زاغورسك في الخدمة أدى إلى التخلص من مشاكل نقص الطاقة وقت الذروة. و تنظيم عمل المحطات النووية والحرارية العاملة في مخطط الحمل اليومي، وبالتالي تأمين الطاقة في منطقة موسكو، علماً أنّ الطاقة الكهربائية المنتجة (المولدة) الفعلية لمحطة زاغورسك (zagorsk) في طريقة التشغيل بالتوليد تبقى ثابتة خلال السنة وتساوي/1920-1930/غيغاواط ساعي سنوياً، ويوضح الشكل (2-14) الطرق الخاصة لتشغيل محطة زاغورسك/PSP/ في فصلي الشتاء والصيف [17].



الشكل (2-14) طريقة عمل محطة زاغوسك الإذخارية PSP1 [17]

بعد وضع محطة زاغورسك الخدمة في/PSP1/ بدأ العمل بتنفيذ محطة زاغورسك/PSP2/ بحيث تكون البحيرة العلوية للمحطة الإذخارية 2 منفصلة عن المحطة 1 باستطاعة قدرها /840/ ميغاواط وبضغوط مائي /100/م وبطاقة كهربائية يومية مولدة تصل إلى/3000/ ميغاواط ساعي يومياً. ويوضح الشكل (2-15) الطرق الخاصة لتشغيل محطة زاغورسك/PSP2/ في فصلي الشتاء والصيف.



الشكل (2-15) طريقة عمل محطة زاغوسك الإذخارية PSP2 [17]

النتائج المستخلصة من دراسة محطتي زاغورسك [PSP2 -PSP1]:

- استمرار توليد الطاقة الكهربائية اليومية للمحطة الإذخارية بغض النظر عن الفصل السنوي باستثناء من (2-3) أشهر ينخفض التوليد نوعاً ما نظراً لتجمد المياه (بسبب تشكل الجليد) .
- تستخدم الطاقة المنتجة من المحطة الإذخارية لتغطية الحمولات الأعظمية في الصباح (بشكل رئيسي في الصيف)، والمساء (بشكل رئيسي في الشتاء)، وبشكل أعظمي أيام العمل، وأيام العطل لتنظيم تدفقات الطاقة لشبكة الطاقة المتكاملة للمركز ولزيادة الحمولة قبل الذروة الصباحية وتخفيضها بعد الذروة المسائية وللمحافظة على مستويات الفولطية والتردد الضروريين في الجزء الأوربي من روسيا والجاهزية الدائمة والازدياد السريع للتحميل الفعال مع درجة وثوقية التشغيل العالية.
- عدد مرات تشغيل وحدات محطة توليد الطاقة تصل إلى /400/ مرة كل شهر وحتى إلى /30/ مرة تشغيل في بعض الأيام المنفصلة، مما يثبت الدور الهام للمحطة الإذخارية كمنظم للشبكة الكهربائية[17].
- زمن عمل المحطة الإذخارية بطريقة التشغيل بالضخ من /6-7/ ساعات يومياً ، وبالتوليد من /3-5/ ساعات يومياً.
- الاستطاعة العظمى لزاغورسك والمستخدم في منحنى الحمولة تتراوح من /800/ميغا واط إلى /1200/ميغا واط.
- استخدام محطة /PSP1/ باستطاعة /1200/ ميغاواط في منحنى الحمل اليومي قلل من عمل المحطات الحرارية وخاصة الغازية منها للتشغيل في نطاق الذروة الحاد لمنحنى الحمولة، بالإضافة إلى توفير حوالي /450/ طن وقود سنوياً، مما يثبت دورها الهام في اقتصاد الوقود في نظام الطاقة العام بالإضافة إلى الإيجابيات الكثيرة التي تتمتع بها وفق مايلي:

1. توفير كلفة التخلص من الانبعاثات الغازية التي تكلف سنوياً مبالغ كبيرة.

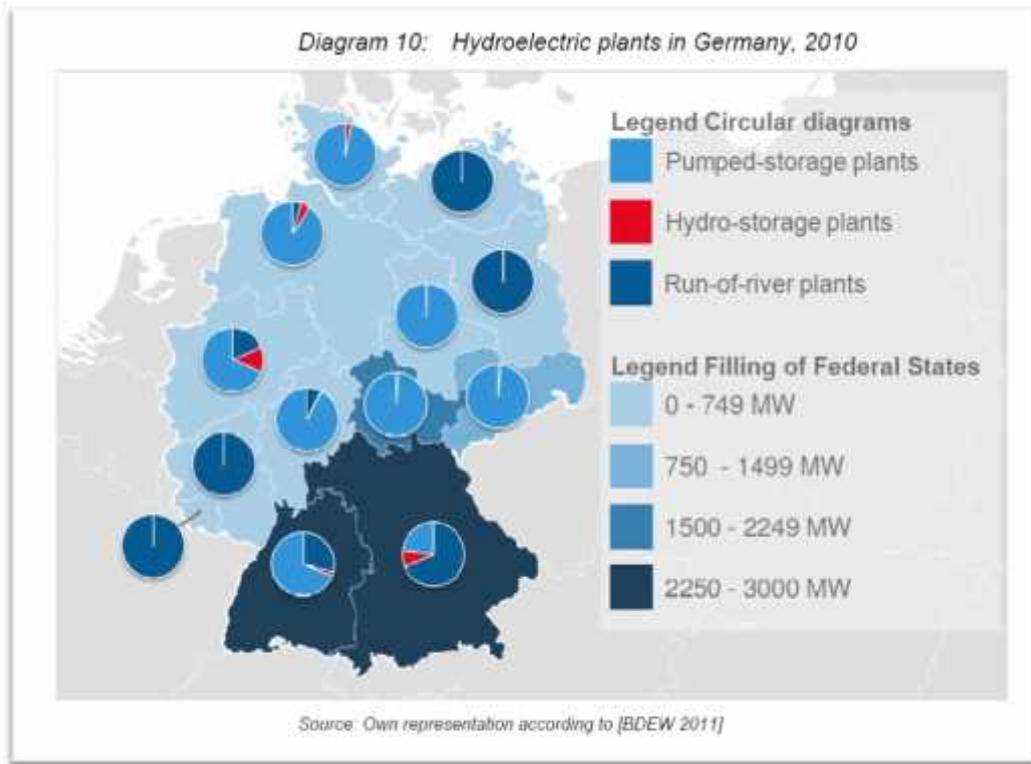
2. تأمين المحطات الحرارية والذرية ضد الأخطار ذات كلف عالية.

3. الكلفة الاستثمارية السنوية في المحطات الحرارية أو الغازية أضعاف مثلثتها في

المحطات الكهربائية والإذخارية.

ب- محطة غولدستيال (Goldisthal) في ألمانيا (2002-2003):

تعتبر ألمانيا من أوائل الدول الأوروبية التي استخدمت هذا النوع من المحطات منذ عام (1958)م وبلغ إجمالي استطاعات المحطات الإيدخارية المركبة بحدود /6777/ ميغاواط، ويوضح الشكل (17) توزع هذه المحطات في ألمانيا.

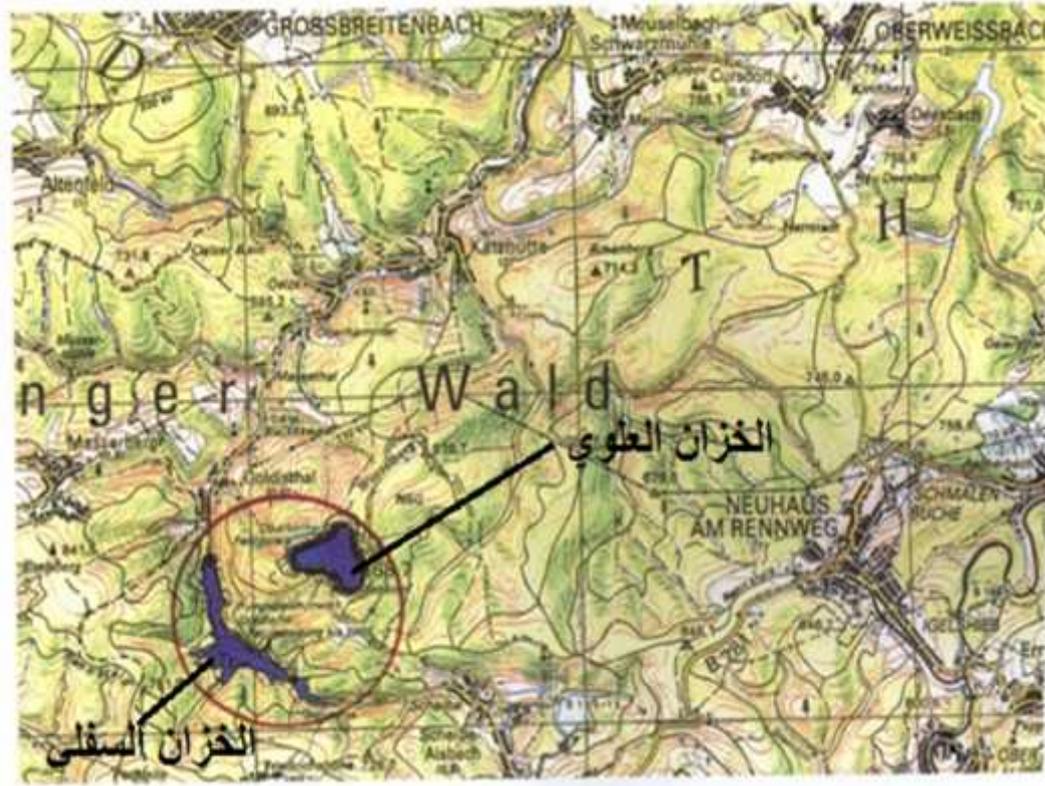


الشكل (2-16) توزع المحطات الإيدخارية في ألمانيا

تقع محطة غولدستيال (Goldisthal) في شرق ساكسونيا على ضفاف نهر شوارز (Schwarza) في منطقة تورينغن، وهي واحدة من أكبر وأحدث محطات توليد الطاقة من نوعها في أوروبا باستطاعة مركبة قدرها /1060/ ميغاواط. بدأت أعمال البحث عن موقع المشروع عام /1965/م. وتم المباشرة بالأعمال الجيولوجية /1972/م، ثم تلتها عقبات مالية سببت تأخير برنامج المشروع حتى عام /1990/م، ثم تم إعادة إحياء المشروع والمباشرة بالتنفيذ [22].  
ثم وضع المحطة الإيدخارية في غولدستيال بالخدمة عام (2002-2003)م، تحتوي المحطة على:

- بحيرة علوية هي عبارة سد بارتفاع /31/ م بحجم تخزين (12.04) مليون م<sup>3</sup>.
- مأخذ مائي.

- خطوط أنابيب عددها /2/، طول كل منها (800) م.
  - محطة PSP (4 وحدات) استطاعة كل واحدة منها /265/ ميغاواط.
  - بحيرة سفلية هي عبارة عن بحيرة سد ترابي بحجم تخزين /18.9/ مليون م<sup>3</sup>.
  - الضاغط المائي المستخدم /302/ م.
  - الاستطاعة المركبة ل غولدستال /1060/ ميغاواط.
- تُوضح الأشكال (17-2) و(18-2) و (19-2) موقع المحطة في منطقة تورينغن ومكونات المحطة والخزانات المائية المستخدمة سواء كانت العلوية أو السفلية والمسافة بين الخزائين [22].



الشكل (17-2) موقع محطة غولديستال الألمانية في منطقة تورينغن [22]



الشكل (2-18) صورة جوية لمحطة غولدستيال يظهر فيها الخزانين المائين [22]



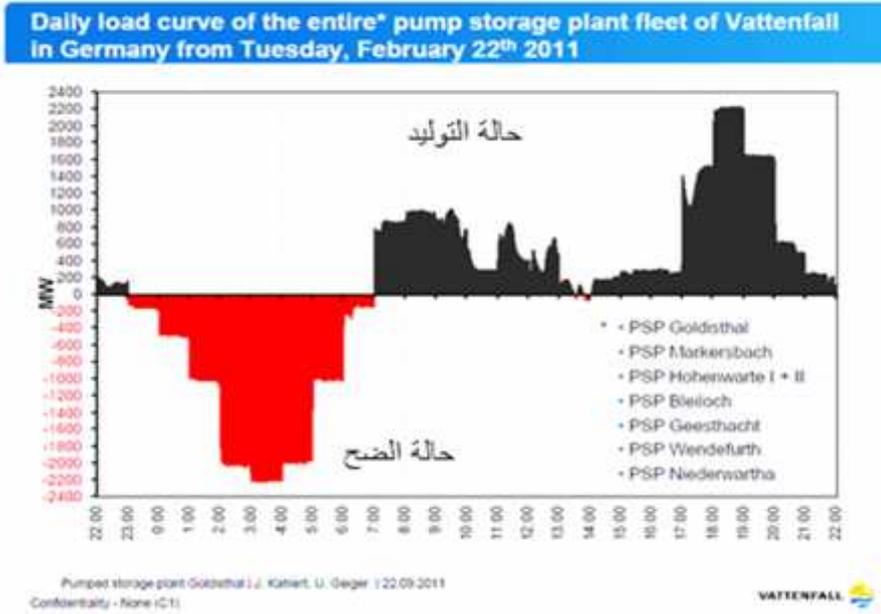
الشكل (2-19) يوضح الخزان العلوي وتركيب العنفة ومنسوب المياه في الخزان السفلي لمحطة غولدستيال [22]

النتائج المستخلصة من دراسة محطة غولدستيال:

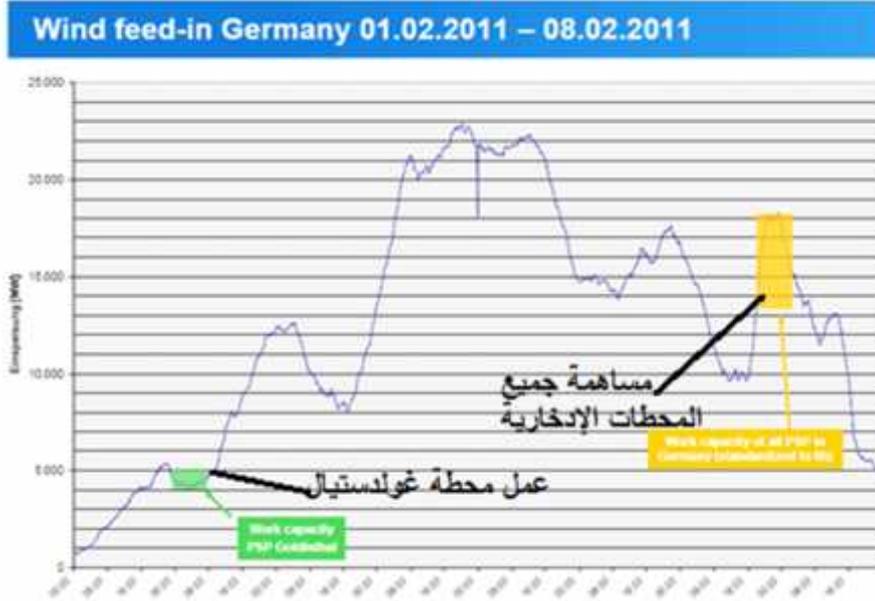
1- ساهمت الطاقة الكهربائية المنتجة من محطة غولدستيال (Goldisthal) في ألمانيا باستقرار الشبكة الكهربائية وهذا ما يوضحه كلاً من الشكل (2-20) والشكل (2-21)، وخصوصاً بعد ما، عانت ألمانيا من مشاكل تشغيلية ناجمة عن عدم استقرار خرج مجموعات التوليد الريحية (بلغت نسبة مساهمة الطاقة الريحية فيها بحدود 20%) [22]. ولاسيما عند دخولها أو خروجها المفاجئ ومن أهم المشاكل:

أ- توافقية الشبكة: جودة الطاقة الكهربائية والتوتر.

- ب- التحكم بالتردد (تأرجح الطاقة الناجم عن تأرجح سرعة الرياح).  
ت- استقرار المنظومة الكهربائية (في الحالات الطارئة).



الشكل (2-20) الاحتياطي السريع لمحطة غولدستال الإذخارية [22]



- الشكل (2-21) دور محطة غولدستال الإذخارية في منحني الحمل اليومي في ظل تنامي المحطات الريحية [22]
- 2- قدرة المحطات الإذخارية العالية على تخزين كميات كبيرة من الكهرباء واستخدامها في أوقات الذروة.

- 3- تنوع مصادر الطاقة الكهربائية .  
4- تعزيز الربط الكهربائي فنياً واقتصادياً.

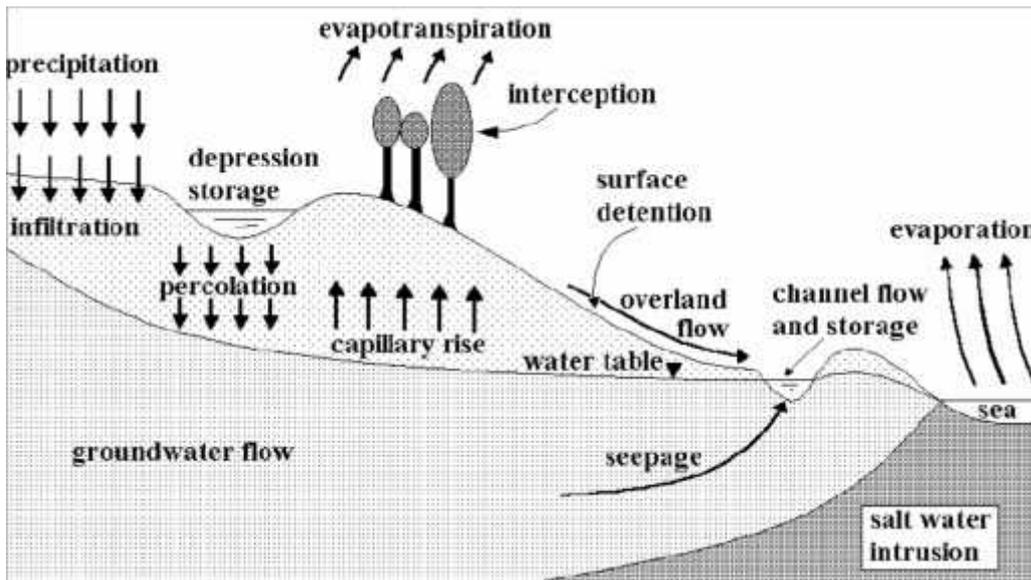
**الفصل الثالث**

**الطاقة المائية**

### 1.3 المائية في الطبيعة:

تتبخر المياه بتأثير أشعة الشمس الساطعة على سطوح المحيطات والبحار واليابسة، ثم تحمل التيارات الهوائية بخار الماء وتقله فوق اليابسة. يتكاثف بخار الماء في طبقات الجو الباردة ويتحول إلى هطولات مطرية وتلجية تتساقط على سطح الأرض. بتأثير الثقالة تنتقل جزيئات الماء على سطح الأرض إلى المناسيب المنخفضة مشكلة مسيلات وأنهار والتي تتحول بدورها إلى جريانات سطحية عريضة هادئة أو جائشة، وتصب في النهاية في البحار أو البحيرات. تتبخر المياه من جديد بتأثير أشعة الشمس لتعيد الدورة السابقة والتي نطلق عليها دورة المياه في الطبيعة، تتكرر هذه الدورة باستمرار؛ مشكلة واحدة من الظواهر الأساسية في الحياة على الأرض كما هو موضح في الشكل (1-3).

تمتلك المياه طاقة ميكانيكية. يتحول جزء من هذه الطاقة إلى طاقة حركية والجزء الأكبر يستهلك في مقاومة قوى الاحتكاك في المياه، إلا أنّ هذه الطاقة قابلة للاسترجاع باستمرار، ويمكن استخدام جزء من هذه الطاقة المائية لمصلحة الاحتياجات البشرية وذلك بإقامة المنشآت المائية على الأنهار واستخدام المعدات اللازمة للإستفادة من هذه الطاقة المحجوزة، ونطلق على العلم الذي يهتم بدراسة مسائل استخدام الطاقة المائية بعلم الطاقة المائية، ويُعدُّ هذا العلم من الفروع الأساسية لعلم الطاقة الكهربائية[38].

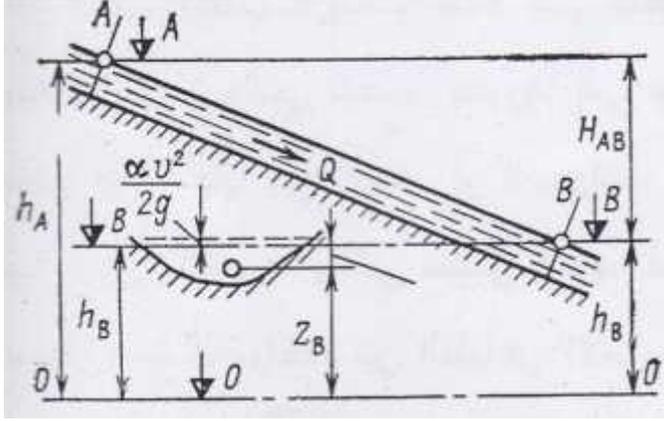


الشكل (1-3) الدورة الهيدرولوجية[38]

### 2.3 حسابات الطاقة المائية:

بفرض وجود تيار مائي عريض، ثابت المقطع والسرعة بتطبيق معادلة بيرنولي على الجزء (AB) من التيار نحصل على العلاقة:

$$[38] \quad E = Z + \frac{P}{\rho} + \frac{\alpha v^2}{2g} \quad (1-3)$$



الشكل (2-3) تيار مائي عريض [38]

حيث:

E : طاقة كتلة السائل التي وزنها نيوتن واحد {J or N.m} .

Z: الارتفاع الجغرافي فوق سطح البحر أو فوق مستوي مقارنة افتراضي 00 {m} .

p: الضغط في نقطة ما من السائل {N/ m<sup>2</sup>} .

V: السرعة الوسطية لجريان الماء {m/sec} .

ρ: كثافة الماء {kg/m<sup>3</sup>} .

α: معامل كاربوليس؛ معامل لا بعدي تتراوح قيمته بين {α = 1.03-1.1} ويأخذ بالحسبان عدم انتظام توزيع السرعة في مقطع الجريان.

المجموع {z+p/ρ.g=h} تشكل الطاقة الكامنة المدخرة للجريان في المقطع المدروس، وتكون قيمة h ثابتة لكافة نقاط المقطع الواحد حيث بازدياد قيمة z تتناقص بالمقابل قيمة (p/ ρg) لتحافظ

على قيمة المجموع ثابتاً. لذلك يمكن اعتبار قيمة الطاقة الكامنة لمقطع الجريان بارتفاع السطح الحر للجريان فوق منسوب المقارنة. مثلاً للمقطع a و b تحدد قيمة الطاقة الكامنة كما يلي:

$$h_B = \nabla B \quad h_A = \nabla A \quad (2-3)$$

يمثل الحد  $(\frac{uV^2}{2})$  الطاقة الحركية للجريان والعلاقة (1-3) تميز الطاقة النوعية الكلية للجريان في

$$(AB) \quad (e_A) \quad .A.B$$

$$e_A = e_A - e_B \quad (3-3)$$

فإن فرق الطاقة الحركية بين المقطعين يمكن إهمالها:

$$\frac{uV_A^2}{2g} - \frac{uV_B^2}{2g} = 0$$

بذلك تصبح العلاقة لتيار بين المقطعين A.B :

$$e_A = h_A - h_B = \nabla A - \nabla B = H_A \quad (4-3)$$

حيث :

$H_A$ : هبوط سطح الماء الحر بين المقطعين B.A

لحساب الطاقة لكامل الجريان لأب من اعتبار غزارة الجريان  $Q\{m^3/s\}$  حيث يعبُ

زمنية  $t\{sec\}$  (AB) حجم من الماء يساوي  $Q.t\{m^3\}$  ( Q.t.  $\lambda$ )  $\lambda = \rho.g$  عندها  
قيمة الطاقة الكلية  $\{J\}$  : AB

$$E_A = H_A \times Q \times t \times \rho \times g \quad (5-3)$$

لمنتجة في الثانية الواحدة فتحسب بالعلاقة:  $N_A$

$$N_A = E_A / t \quad (6-3)$$

(6-3) :

$$m \cdot \frac{m^3}{se} \frac{N}{m^3} = \frac{J}{s} = wt$$

wt : واط وهي واحدة صغيرة جداً للقياس، لذلك تستخدم في مجال الطاقة قيم بأجزاء كبيرة للواط  
مثلاً كيلو واط (1KW=1000Wt) أو ميغا واط (1MW=1000KW=10<sup>6</sup>Wt) .

باستخدام واحدة الكيلو واط وقيمة تسارع الجاذبية الأرضية  $g = 9.81 \text{ m}^2/\text{s}$  وكثافة الماء

$$\rho = 1000 \text{ k} / \text{m}^3 \quad (6-3)$$

$$N_A = 9.81 \times Q \times H_A \quad (7-3)$$

تقاس كمية الطاقة الكهربائية في مجال الصناعية عادة بوحدة الكيلو واط ساعي  
الطاقة المنتجة تصبح كما يلي:  $T$  (حيث يعبر الزمن  $1\text{kw.h}=3.6 \cdot 10^6\text{J}$ )

$$E_A = 9.81 \times Q \times H_A \times t$$

وكمية الطاقة المنتجة في  $T=(8760 \text{ hours})$

$$E_A = 85936 \times Q \times H_A \quad (8-3)$$

يستخدم أحياناً مفهوم الحجم  $W(\text{m}^3)$  في حساب كمية الطاقة المنتجة حيث:

$$W=Q \times t \quad [38]$$

Q : الغزارة وتقاس بوحدة  $\text{m}^3/\text{s}$  .

t : الزمن ويقاس بوحدة sec.

بالتبديل في العلاقة (5-3) بعد تعويض قيمة  $g$   $\rho$  نحصل على قيمة الطاق المنتجة بوحدة  
(KW.H) يكون:

$$E = \frac{W \times H}{3 \cdot 2} \quad (9-3) \quad [38]$$

E : الطاقة المائبة الكامنة النظرية كيلوواط ساعي.

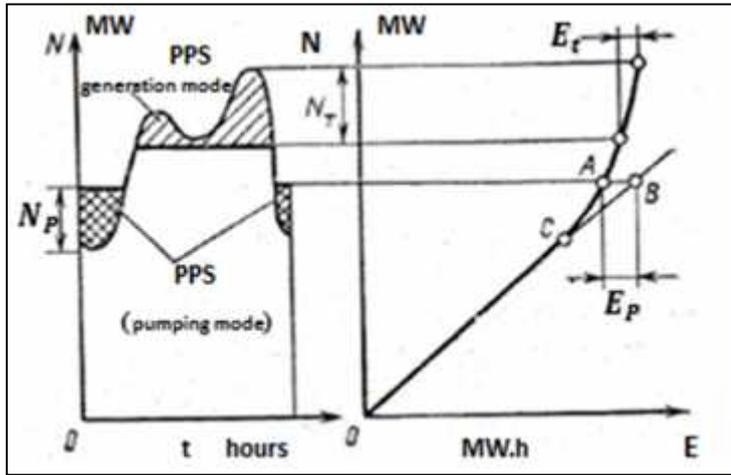
ولحساب الطاقة المائية الكامنة في المحطات الإذخارية الكهرومائية التخزينية يتم الحساب وفق مايلي:

أ. في نظام الضخ:

وليكن لهذه المحطة خزان علوي بحجم تخزيني  $W$  وبضاغط وسطي  $H$  تحتاج المحطة لضخ المياه وإملاء هذا الخزان طاقة تقدر بالعلاقة:

$$[38] \quad E_P = W \times H / 367.2 \times \eta_P \quad (10-3)$$

$$[38] \quad N_P = \frac{E_P}{t_P} = (9.81) / \eta_P \times Q.H \quad (11-3)$$



الشكل (3-3) يوضح حالة محطة إذخارية تعمل في تغذية نظام الطاقة العام [38]

حيث :

$$\eta_P: \text{مردود المحطة في نظام الضخ وقيمته الوسطية (0.82)} [38].$$

يمكن أن نحصل على هذه الطاقة من مصادر أخرى كالمحطات الحرارية (TES) وذلك برفع إنتاجيتها في ساعات الاستهلاك الدنيا للطاقة وفق مخطط الحمل الكهربائي. بعد معرفة قيمة الطاقة اللازمة لضخ المياه وإملاء الخزان العلوي يمكن استنتاج باقي المؤشرات للمحطة وذلك بحصر المسافة الأفقية الممثلة بالقطعة AB الشكل (3-3) والتي طولها يساوي قيمة الطاقة  $E_P$  بين امتداد الجزء المستقيم (ابتداءً من النقطة C إلى النقطة B) من المخطط التحليلي والمنحني. بالإسقاط الأفقي على منحني الحمل اليومي تتحدد قيمة الزيادة في الاستطاعة الواجب رفعها في المحطات الحرارية

أو الذرية، وبناء عليه يمكن تحديد  $N_P$  الاستطاعة العظمى للمحطة في نظام الضخ و زمن استمرارية العمل في هذا النظام [38].

ب. في نظام التوليد:

تستخدم المياه المخزنة في الخزان العلوي في توليد الطاقة الكهربائية في ساعات الذروة لاستهلاك الطاقة بتحويل نظام عمل المحطة إلى محطة توليد للطاقة الكهربائية. حيث تعاد المياه من الخزان العلوي إلى الخزان السفلي أو (إلى المجرى الطبيعي) بواسطة الأنابيب مروراً بشفرات العنفة حيث تتحول الطاقة الكامنة للمياه إلى طاقة حركية ميكانيكية، تدير بدورها المحور الحامل للعنفة حيث يتم نقل الحركة إلى المولدة وفيها يتم تحويل الطاقة الميكانيكية (الحركية) إلى طاقة كهربائية، ثم تنقل بواسطة كابلات إلى محولات رافعة للجهد وبعدها إلى معدات التوزيع ثم تُنقل إلى أماكن الاستهلاك بواسطة شبكة تسمى الشبكة الرئيسية. تحسب الطاقة المولدة بالعلاقة :

$$[38] \quad E_T = W \times H \times \eta_T / 367.2 \quad (12-3)$$

$$[38] \quad N_T = \frac{E_T}{t_T} = \eta_T \times 9.81 \times Q \times H \quad (13-3)$$

حيث  $\eta_T$  : مردود المحطة في نظام التوليد وقيمته الوسطية (0.9) [38].

بتمثيل الطاقة  $E_T$  المحسوبة بالعلاقة رقم (12-3) ( $E_T$ ) بقطعة مستقيمة أفقية على المنحني التحليلي ابتداء من نهاية المنحني، واسقاطها على منحني الحمل اليومي يتم تحديد الاستطاعة العظمى  $N_T$  لمحطة وزمن استمرارية العمل في نظام توليد الطاقة [38].

حيث:

Q: الغزارة المارة  $[m^3/s]$ .

H: الضاغط المائي [m].

$E_P$ : الطاقة المستهلكة كيلو واط ساعي.

$E_T$ : الطاقة المولدة كيلو واط ساعي.

W: الحجم المائي المنقول مليون م<sup>3</sup>.

$t_P$ : عدد ساعات الضخ يومياً.

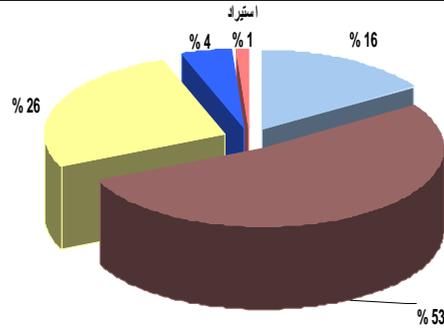
$t_T$ : عدد ساعات التوليد يومياً.

### 3.3 أهمية المحطات الإذخارية في المشاركة بتغطية مخطط الحمل اليومي:

يُظهر الجدول (1-3) تنوع مصادر الطاقة التي تعتمد عليها سورية في تغطية مخطط الحمل [41].

الجدول (1-3) [41]

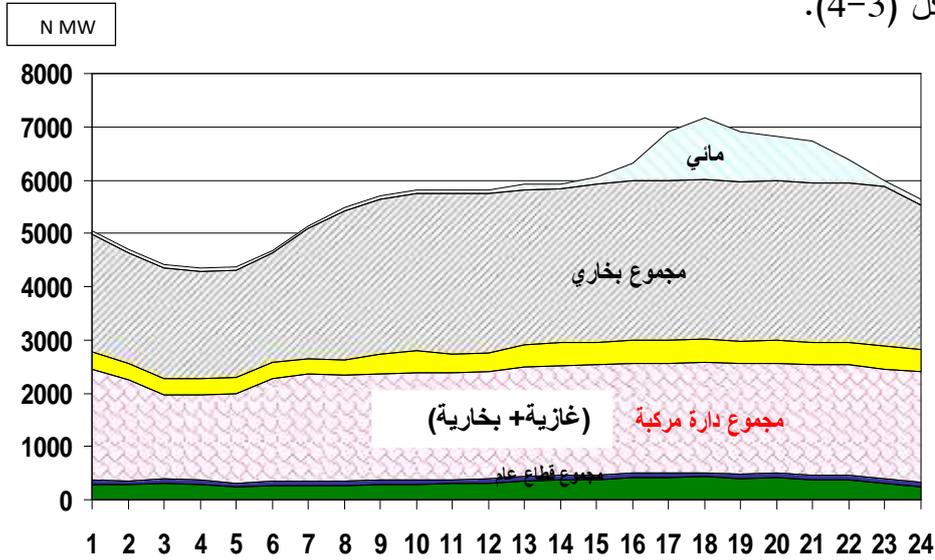
الكمية (GW.h) غيغاواط.ساعي في السنة	مصدر الطاقة الكهربائية
0	النووي
0	الفحم
20625	الفيول
20758	الغاز
1925	المائي
0	الرياح
0	الشمسية PV
0	الشمسية CSP
0	طاقة المخلفات الصلبة
0	الكتلة الحيوية
0	الحرارية الأرضية
0	مختلف
43308	مجموع المصادر المحلية
542	استيراد الطاقة الكهربائية



من الجدول (1-3) و المخطط السابق نلاحظ أنه لا توجد مشاركة للمحطات الإذخارية في تغطية منظومة الطاقة الكهربائية في البلاد، وإن القسم الأكبر من استخدامات الطاقة الكهربائية في الشبكة

السورية يُغذى بمحطات توليد الطاقة الحرارية وبنماذج مختلفة حيث تعمل، وبشكل أولي على الغاز الطبيعي (مساهمة احتراق الوقود في محطات الطاقة ذات العنفات البخارية واحتراق وقود الديزل في محطة الطاقة ذات العنفات التي تعمل على الغاز تعتبر طفيفة)، ومساهمة محطات التوليد الكهرومائية للاستطاعة المركبة حوالي 20 % والمساهمة في إنتاج الطاقة الكهربائية حوالي 10% بما فيها مشروع سد الفرات وتشيرين (المصدران الرئيسيان لاستطاعة الذروة) ومشروع سد البعث [41].

أصبحت الطاقة الكهربائية المُولدة من المحطات الكهرومائية غير قادرة على تغطية الذروات العليا لوحدها نظراً لازدياد الطلب على الطاقة الكهربائية، وتطور المجتمعات [41]، كما هو واضح من الشكل (3-4).



الشكل (3-4) مشاركة المجموعات في تغطية الحمل اليومي للمنظومة الكهربائية 2009

بما فيها المجموعات المائية [41]

ومن هنا كان لا بد من التفكير باستغلال أية إمكانيات لاستخدام المحطات الإذخارية في المشاركة في تغطية مخطط الحمل اليومي في أوقات الاستهلاك العظمى وخصوصاً إن هذه المحطات ليست بحاجة إلى جريانات مائية مستمرة فضلاً عن دورها في إعادة توزيع الطاقة الكهربائية مع الزمن، وإمكانياتها العالية في المناورة بالاستطاعة، كما أنها ونقل من عمل المحطات الغازية لتغطية نطاق الذروة الحاد لمنحني الحمل اليومي.

وتتجلى أهمية المحطات الإذخارية في المنظومة الكهربائية بأنها:

1. تستهلك الطاقة الكهربائية لضخ المياه من منسوب سفلي إلى منسوب علوي في الفترات التي يتوفر فائض كهربائي في الشبكة الكهربائية، في حين أنها تحول هذه الطاقة الكامنة للمياه إلى طاقة كهربائية في وقت الذروة.

2. تنافس هذه المحطة بمرونتها وسرعة استجابتها البدائل التقليدية كالعنفات الغازية وهي بالتالي تعمل على تحسين استقرار تردد المنظومة.

3. تساهم في تجنب المحطات التقليدية (المصممة أصلاً للعمل في قاعدة الحمل) من التوقف أو خفض الحمولة ليلاً، وبالتالي على استثمارها فنياً واقتصادياً بشكل أمثل، علاوة على توفير الوقود.

كل ما ذكر سابقاً وجه تفكيرنا إلى الغاية الأساسية من هذا البحث وهي تسليط الضوء على أهمية المحطات الإذخارية كبدائل أساسية للمحطات الكهرومائية التقليدية في تغطية ذروات الحمل اليومي لاستهلاك الطاقة في البلاد، بدلاً من اعتمادنا على المحطات التي تعمل على الوقود الأحفوري ذات المردود المنخفض والاستهلاك الكبير للوقود.

تحتاج المحطات الإذخارية كما ذكر سابقاً إلى خزانات مائية طبيعية أو اصطناعية لذلك سوف نبدأ فكرة البحث بوضع المعايير العامة لاختيار مواقع المحطات الإذخارية وخزاناتها.

### 4.3 معايير اختيار مواقع المحطات الإذخارية

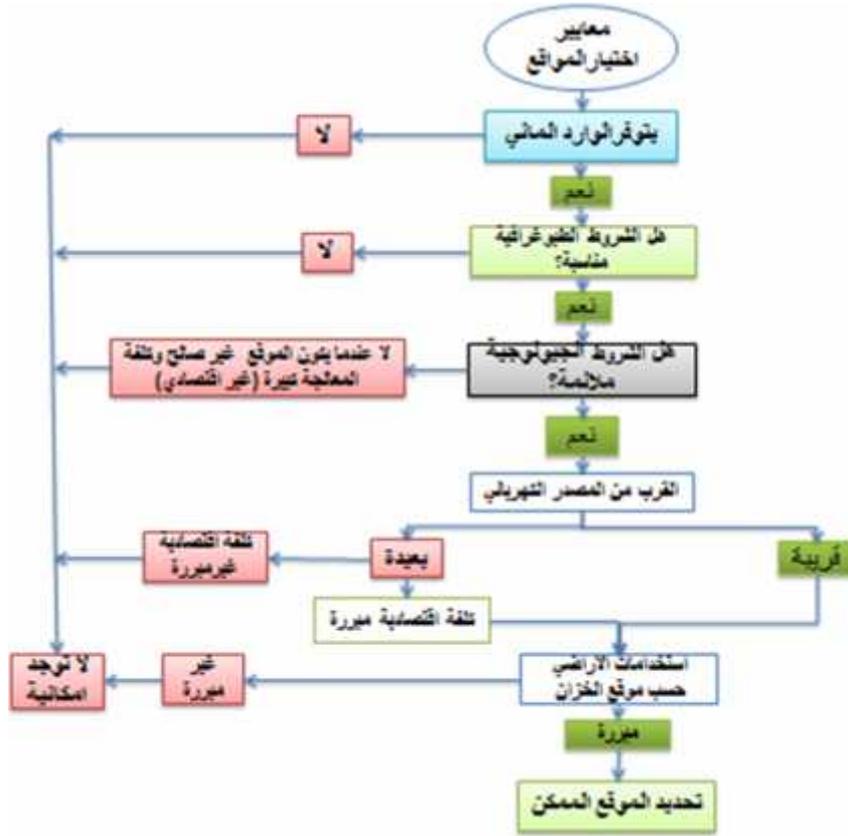
يلعب اقتصاد السوق واستراتيجيات البلد دوراً هاماً في تحديد أولويات بناء المحطات الإذخارية، طبعاً دون الإغفال عن دور الكفاءة الاقتصادية والفنية لعملية التشييد؛ لذلك تتبدل المعايير لإنشاء هذه المحطات بحسب الفترة الزمنية والأهداف النوعية لها.

في مرحلة الدراسة الأولية كما هو الحال في عملنا، تعتبر مؤشرات الطاقة ونذكر منها (الاستطاعة، الطاقة المنتجة، الضاغط المائي، الغزارة أو كمية المياه اللازمة) هي المؤشرات الأساسية التي تؤسس عليها الخيارات [38]. حيث تكون المعطيات الأخرى (مثلاً الجيولوجية) والتي تخص الدراسة التنفيذية مجهولة نوعاً ما.

بناءً على ما سبق يمكن اعتبار العوامل التالية:

- الهيدرولوجي (توفر المياه).
- الطبوغرافي (توفر المساحة والضاغط المناسبين).

- قرب الموقع من المصادر المائية والشبكة العامة الكهربائية.
  - استخدام الاراضي (قيمة الاراضي التي سيمتلکها المشروع).
- هذه العوامل الأساسية في اختيارنا للموقع ذات أهمية متماثلة فيما بينها (لا يوجد تفضيل عامل على آخر) ويعبر عنها بالشكل (3-5).



الشكل (3-5) معايير اختيار مواقع المحطات الإذخارية

1. العامل الهيدرولوجي (توفر الوارد المائي): يُعدُّ هذا العامل من العوامل الأساسية الواجب توفرها لإجراء البحث عن المواقع؛ وذلك لضمان ملء الخزانات (الطبيعية أو الاصطناعية) بالمياه اللازمة لعمل المحطة؛ بالإضافة إلى حجم معين نحتاجه لتعويض النقص في الحجوم المائية الناتج عن التسرب أو التبخر أو أي عامل آخر.

2. العامل الطبوغرافي (توفر المساحة والضغوط المناسبة):

يُعدُّ العامل الطبوغرافي أساسياً في اختيار موقع الخزان المائي سواء (علوي أو سفلي)؛ إذ أنَّه بدلالة الوضع الطبوغرافي لحوض المجرى المائي يتم تحديد عدة مواقع، إمَّا على المجرى المائي أو على

وادي مجاور للخران المائي أو على قمة جبل، وبعدها يتم الربط بين الخزانين المائيين لكن هذا الربط يتطلب معرفة عدة عوامل منها: الضاغط المائي، والمسافة بين الخزانين المائيين، والنسبة بين المسافة إلى الضاغط المائي وفق مايلي:

أ- الضاغط المائي H: وهو عبارة عن فرق المنسوب بين سطحي المياه في الخزانين ويُقدَّر بالمتر، وكلما كان فرق الارتفاع كبير كلما كانت الطاقة المولدة أكبر وكان الموقع أفضل؛ بحيث يمكن الاستفادة من الارتفاع لتوليد الطاقة الكهربائية، وذلك بتوجيه الماء بواسطة أنابيب مضغوطة نحو المحطة الكهرومائية التي تحتوي على عنفات مرتبطة بها منوبات. الضواغط المستخدمة للمحطات الإذخارية هي بين (10-500)م، على سبيل المثال يُوصي معهد هيدرولوجيا روسي ألا تقل قيمة الضاغط المائي عن (100)م للمواقع الجديدة التي يتم فيها الربط بين خزان مستثمر مع خزان جديد (محطة زاغورسك (zagorsk) الإذخارية في روسيا (الفصل الثاني) حيث كانت قيمة الضاغط المائي المستخدمة هي (100)م، كما توصي المرجعيات العالمية (معهد erdf، ومعهد RTE) ألا تقل قيمة الضاغط المائي (50)م، ويختلف هذا الشرط من بلد إلى آخر بحسب الوضع الطبوغرافي، ولكن بالنسبة لبلدنا باعتباره ذو ظروف طبوغرافية أقل من بعض الدول الأوروبية يمكن القبول بين (10-500)م، حيث يأخذ الضاغط المائي قيمة/10م عندما تكون المسافة بين الخزانين قريبة جداً والحجم المائي المنقول كبير، ومن (70-500) م للربط بين سد مستثمر أو قيد التنفيذ مع سد جديد، ولا بُد من الإشارة لإجراء الحسابات الطاقية الدقيقة لا بُد من إدخال علاقة تغير الضاغط المائي مع الزمن [1]، [9]، [13].

Sites Characteristics

- 50-800 m water head
- 50-2000 horizontal distance between reservoirs
- Minimal storage capacity 5MWh


ب- النسبة بين المسافة بين الخزانين المائيين إلى الضاغط المائي (L/H): بالإضافة إلى عامل الضاغط المائي يوجد عامل آخر هو النسبة (L/H) ويمثل العامل الثاني من الشروط الطبوغرافية (نسبة بين المسافة بين الخزانين المائيين العلوي والسفلي إلى الضاغط

المائي)؛ بحيث كلما كانت النسبة صغيرة كلما كان الموقع أفضل لأنه بدوره تقلل من تكلفة المشروع (كلفة مادة الأنبوب، الطول، الحفريات)، وأيضاً تقلل من الفوائد المائية[1]. يجب أن تكون قيم (L/H) ضمن المجال (0-10) بحيث كلما كانت أقل من (2) كان ذلك مثالياً[1]، وألا تزيد النسبة (L/H) عن (18). على سبيل المثال قيمة (L/H) لمحطتي زاغورسك الروسية و غولدستيال الالمانية (الفصل الثاني) على التوالي هي (2.65-7.2).

### 3. القرب من المصدر الكهربائي:

يُعدُّ قرب موقع المحطة الإذخارية (SPP) من المصدر الكهربائي أمر هام، وكلما كانت المسافة قصيرة كلما كانت أفضل لأنها تقلل من تكلفة تركيب الخط وربطها مع الشبكة الكهربائية العامة. ويجب أن تكون المسافة (Lg) كم ضمن المجال (0-10) كم بحيث كلما كانت أقل من (5) كم كان ذلك مثالياً[1]، وألا تزيد المسافة (Lg) عن (40) كم [1]، [9] [13]. توضح بعض المرجعيات العالمية (معهد erdf، ومعهد RTE) الحدود القصوى المسموحة للقرب من المصدر الكهربائي بحيث لا تتجاوز عن (10) كم.



### 4. العامل الجيولوجي:

يرتبط نجاح اختيار موقع المحطة الإذخارية بشكل أساسي أولاً على الطبوغرافية، ثم ثانياً على الجيولوجية .

أهم المعايير الجيولوجية الواجب معرفتها في الموقع المختار:

- توضع الفواقد الموجودة في المنطقة.
- الابتعاد عن المناطق النشطة زلزالياً والمعرضة للانزلاقات .
- توضع الطبقات الجيولوجية.
- نفاذية الطبقة المشكلة لأرضية الخزانات المائية.

من الضروري أن يكون الفاقد المائي بالتسرب من حوض بحيرة التخزين أصغرياً قدر الإمكان، وهذا يُتطلب في بعض المواقع إجراءات معالجة قد تكون تكلفتها بسيطة أو متوسطة أو كبيرة، حيث تستبعد المواقع غير الصالحة جيولوجياً وذات النفوذية العالية ويتطلب تكتيمها كلف عالية جداً[1].

## 5. استخدامات الأراضي:

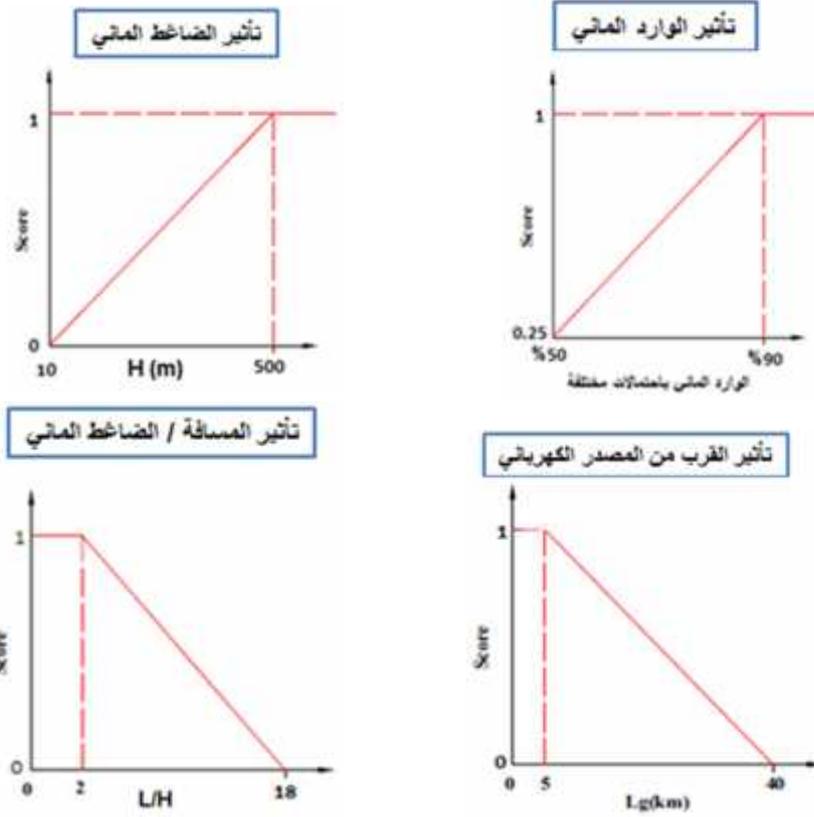
تختلف استخدامات الأراضي حسب موقع الخزان؛ لذلك يُفضَّل اختيار موقع الخزان بعيداً عن مواقع الأثرية، والمناطق السكنية، والأماكن العسكرية والمطارات، واختيار المواقع ذات الأسعار المنخفضة دون الإغفال عن مؤشرات الطاقة ( الضاغظ المائي والمسافة والطاقة المولدة) [13].



تعتمد بعض المرجعيات العالمية على تمثيل خطي لتقييم العوامل السابقة كنسبة من الواحد كما هو موضح في الشكل (3-6)، أو باستخدام قيم الجدول (3-2)؛ وذلك للتمكن من تثقيف كل عنصر من العناصر الأساسية وبالنهاية تحديد صلاحية تبني الموقع بناءً على معامل عام (معامل قبول الموقع) بحسب كوسط حسابي لمجموع العوامل الجزيئة السابقة، والذي يُعبَّر عنه (SSF).

الجدول (3-2) معايير اختيار المواقع

العلامة	المحدد		المعيار
0.25	50%	نعم	توفر المياه
0.5	75%		
1	90%		
مرفوض يتوقف البحث عن المواقع		لا	
0-0.25	10-50 m	الضاغظ المائي H (m)	الطبوغرافية
0.25-0.5	70-100 m		
0.75	100-500m		
1	>500 m		
0-0.25 مرفوض	≥18	النسبة L/H	
0.25-0.5	(2-18)		
1	≤2		
1	< 10 <sup>-8</sup> Low Risk K m/s	High RISK	الجيولوجية ( تتعلق بطبيعة الصخور ونفاذيتها وقرب المنطقة من الفالق النشط ) (distance from active faults, large-scale fault and fractured zones, large-scale landslide area, and existence of permeable bedrock)
0.25-0.5	Medium ( 10 <sup>-8</sup> – 10 <sup>-4</sup> ) K m/s		
0-0.25 مرفوض	عالية >10 <sup>-4</sup> K m/s		
0-0.25 مرفوض	>40 km	بعيدة	القرب من المصدر الكهربائي KM
0.25-0.5	5-40 km		
0.5-1	< 5 Km		
0-0.25 مرفوض	غير مبررة		استخدامات الأراضي ( حسب موقع الخزان )
0.25-0.5	مبررة		
0.5-1	مقبولة		



الشكل (3-6) علامات عوامل اختيار موقع المحطة الإذخارية

حيث : SSF The Site Suitability Factor [1].

الموقع غير ملائم	$SSF < 0.5$	:
الموقع ملائم	$0.5 \leq SSF < 0.75$	
الموقع ملائم جداً	$SSF \geq 0.75$	

المعايير الأساسية لاختيار المواقع هي: الضاغط المائي، نسبة (L/H)، الجيولوجية، استخدامات الأراضي، القرب من المصدر الكهربائي. تؤدي هذه العوامل في تخفيض كلفة إنشاء المحطة الإذخارية كلما كان  $L/H < 18$ ،  $H = 70$  m،  $Lg < 40$  km والموقع مستقر جيولوجياً.

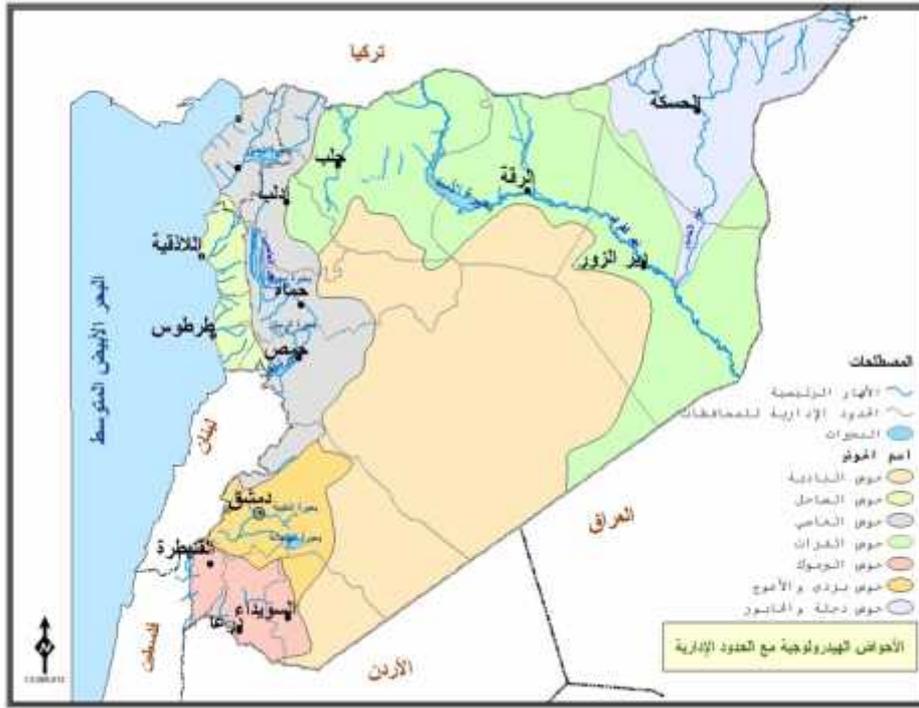
## الفصل الرابع

# الطاقة المائية في الأحياء المائية

## في سورية

#### 1.4 مقدمه:

تقسم مساحة سورية البالغة (185,80) ألف كيلو متر مربع هيدرولوجياً إلى سبعة أحواض مائية رئيسية هي: حوض دجلة والخابور، وحوض الفرات، وحوض البادية، وحوض العاصي، وحوض الساحل، وحوض بردى والأعوج، وحوض اليرموك الذي تتشارك فيه مع الأردن.

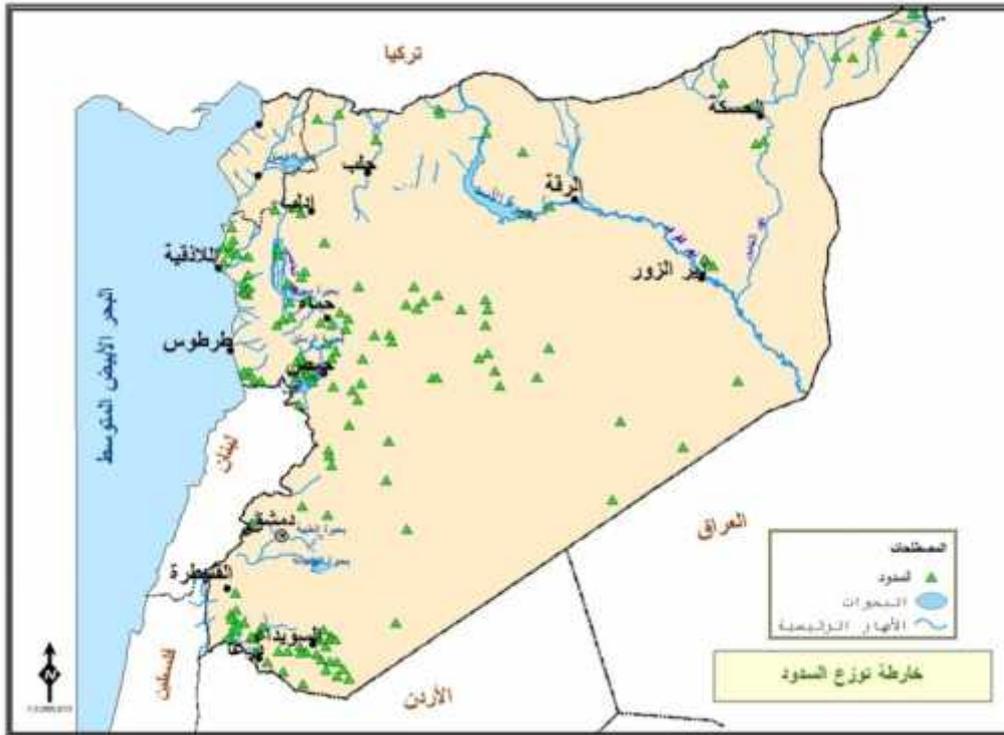


الشكل (1-4) الأحواض المائية في الجمهورية العربية السورية [40]

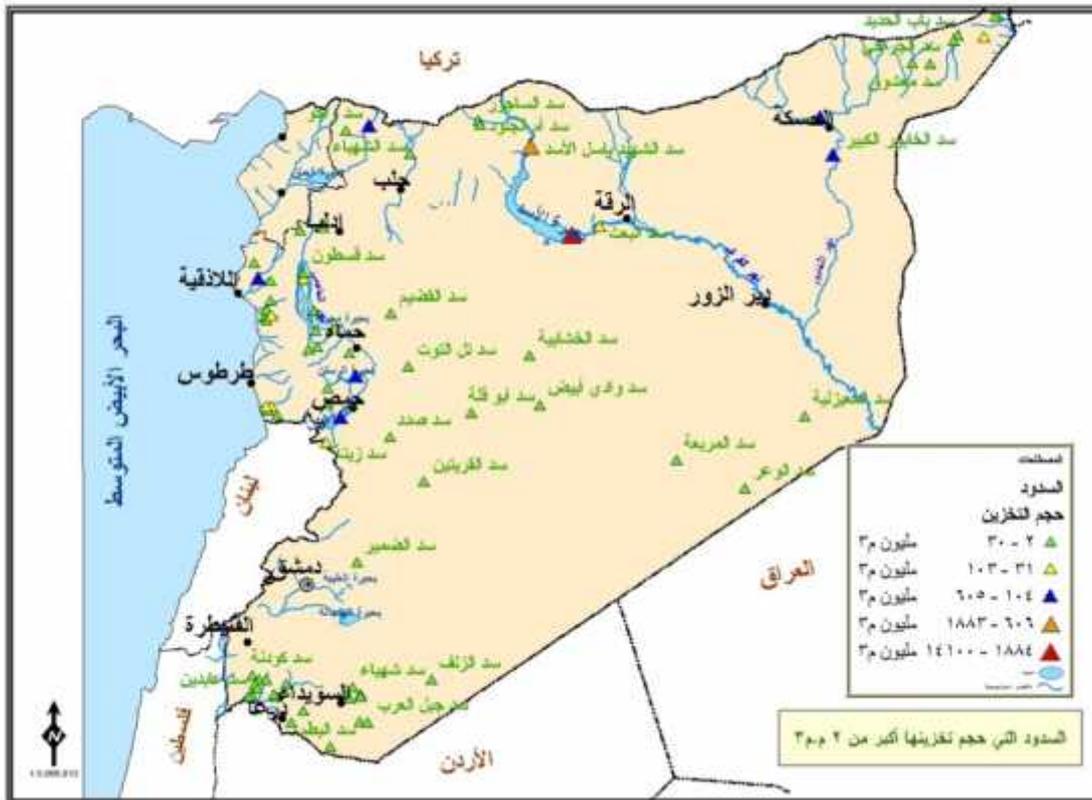
تتكون المصادر المائية من مياه الأمطار، والأنهار الدائمة والمؤقتة الجريان، والينابيع، والآبار. حيث يقدر متوسط الهطول المطري السنوي بحوالي (46.63) مليار متر مكعب بالسنة، إنَّ متوسط الواردات المائية المتجددة (السطحية والجوفية) هو حوالي (9.026) مليار متر مكعب بالسنة، إضافة إلى حصة سورية من واردات نهر الفرات التي تشكل (42%) من الوارد السنوي الوسطي 500 م<sup>3</sup>/ثا وفق الاتفاقيات ( 1987م المؤقتة مع تركيا، 1989م مع العراق ) ( 210 م<sup>3</sup>/ثا حصة سورية، 290 م<sup>3</sup>/ثا حصة العراق ) ما يعادل (6.627) مليار م<sup>3</sup> سنوياً. وحصة سورية من واردات نهر دجلة المقدرة بـ (1.25) مليار م<sup>3</sup> في السنة [40].



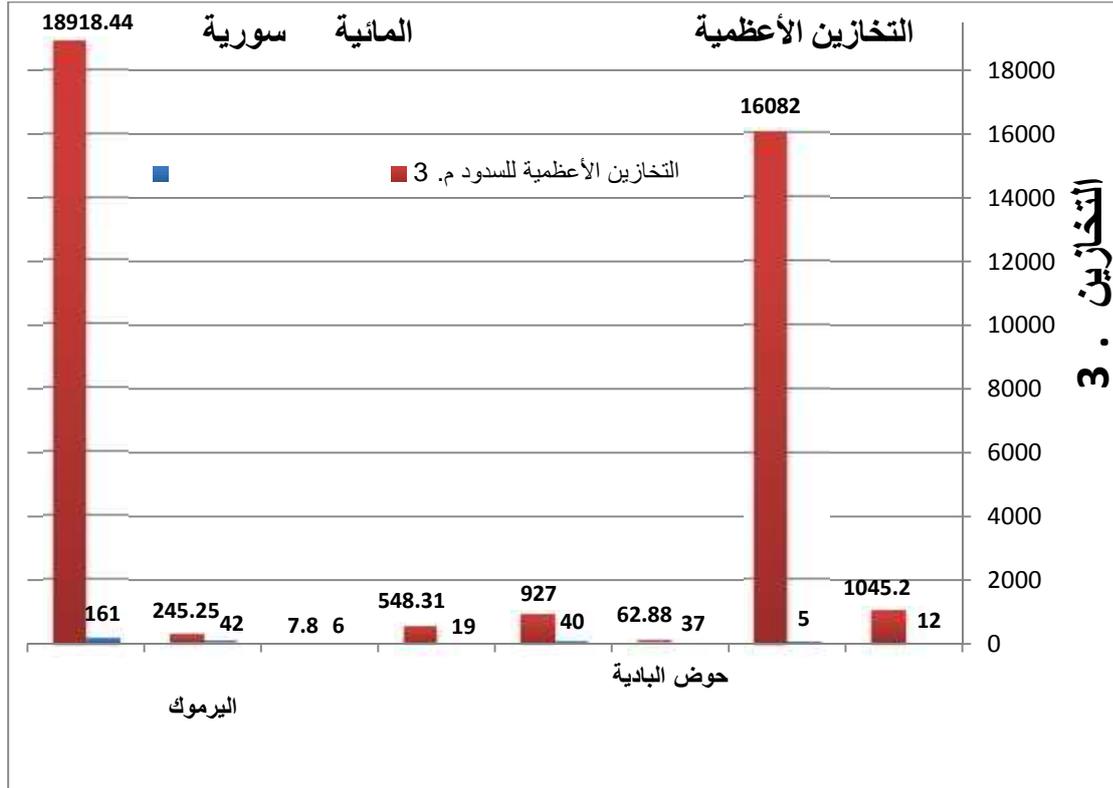




الشكل (4-4) خارطة توزيع السدود في سورية [40]



الشكل (5-4) خارطة توزيع السدود في سورية حسب تصنيف الحجم المائية [40]



#### 2.4 اختيار المواقع الممكنة لإنشاء المحطات الإذخارية (خطوات العمل):

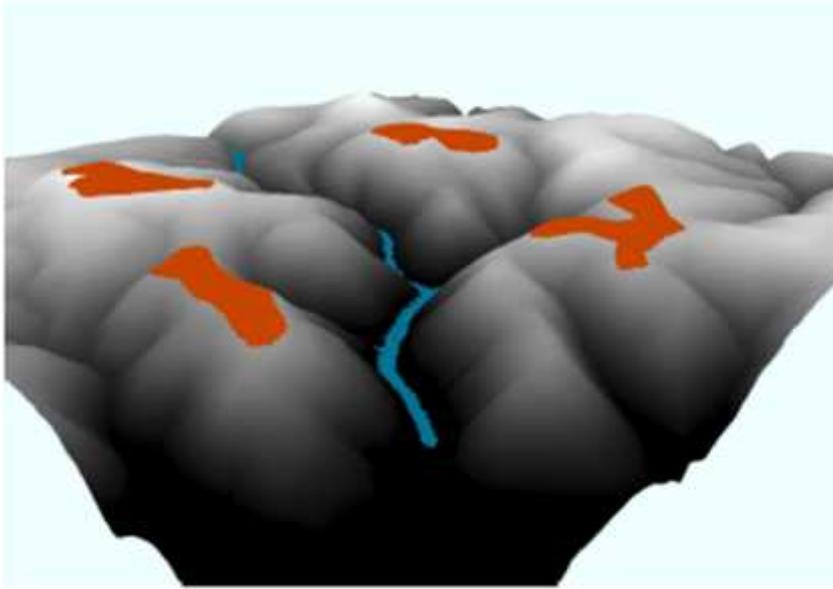
##### 1. جمع معطيات هيدرولوجية عن الجريانات المائية في الأحواض المائية :

تُعدُّ المجمعات المائية عادة للاستثمار لفترات زمنية طويلة (عشرات أو مئات السنين)، وتُعدُّ المراقبات والقياسات المائية لنظام الجريان في النهر من أهم المعطيات الواجب توفرها في مراحل الدراسة، وذلك لرصد جريانات الأنهار ومن أجل أعوام هيدرولوجية عديدة لمعرفة الوارد المائي المغذي للمجرى المائي، ومعرفة كفاية هذا الجريان لتأمين إمداء بحيرة التخزين أمام السد بالحجم المائي المطلوب.

لذلك قبل تحديد السد الممكن إنشاء محطة إذخارية فيه (في أي حوض مائي هو) لا بد من دراسة الوارد المائي المغذي للبحيرة لمعرفة توفر الوارد المائي؛ وهذا يتطلب دراسة سلسلة زمنية لا تقل عن (10) سنوات على الأقل لمعرفة الحجم المائية الواردة وتغيرات مناسيب المياه في البحيرة مع الزمن. ومن خلال هذه المنحنيات يمكن استقراء حجم المياه المتوفرة، وتغيير مناسيب سطح المياه مع الزمن والذي يعتبر من المعطيات الأساسية في تحديد ضاغط المياه، ومنسوب توضع المآخذ (المخرج) المائي لأنابيب استجرار المياه.

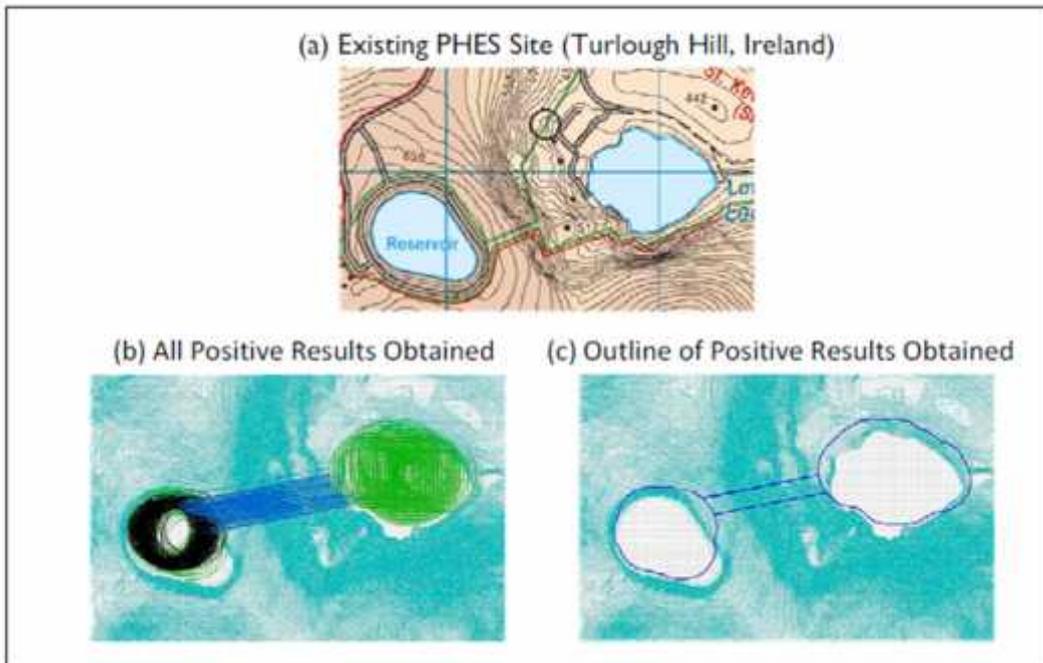
2. جمع خرائط الكترونية بنظام Gis (يظهر عليها مواقع السدود والأنهار والبحيرات والطرق والمباني):

يُعدُّ العامل الطبوغرافي أساسياً في اختيار موقع المحطة الإيدارية، إذ أنَّه بدلالة الوضع الطبوغرافي لحوض المجرى المائي (للخزان المائي المختار) يتم تحديد عدة مواقع ممكنة على المجرى المائي أو على قمة جبل أو بين سدين لإنشاء هذا النوع من المحطات [9] كما هو موضح في الشكل (4-6) .

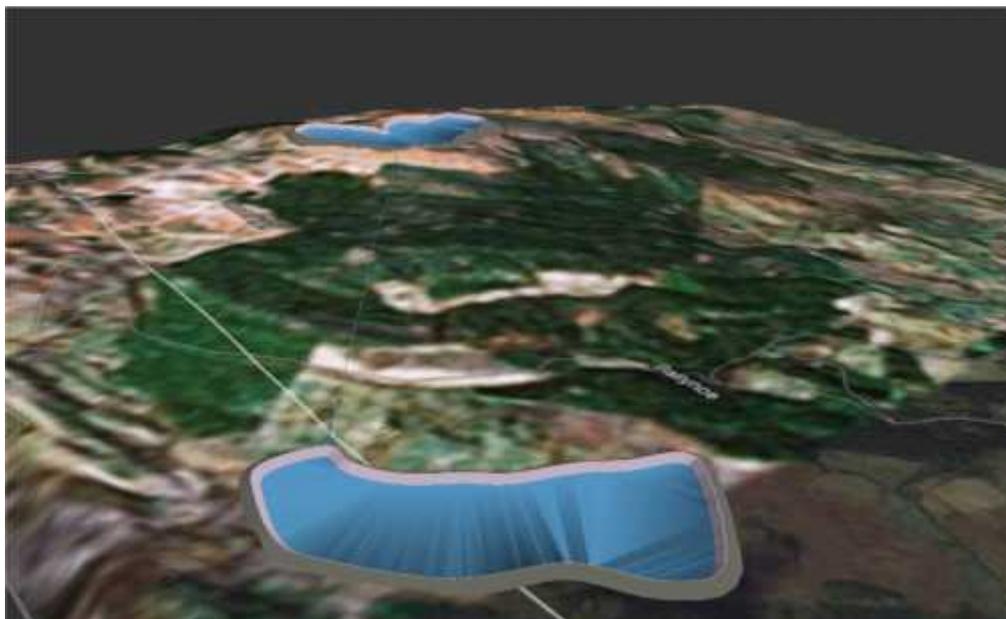


الشكل (4-6) أشكال توضح الخزانات المائية [9]

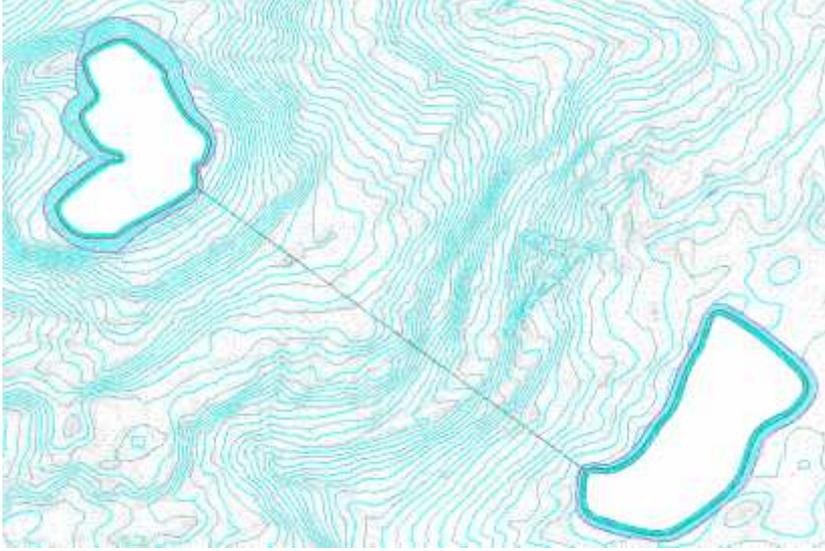
ولدراسة حوض مائي لابدَّ من جمع خرائط الكترونية بنظام Gis حيث بمساعدة هذا النظام يمكن إظهار التفاصيل الطبوغرافية للمواقع المدروسة. تُوضح الأشكال (4-7) و (4-8) و (4-9) مواقع السدود وبقية التفاصيل الطبوغرافية باستخدام تقنيات Gis كما هو واضح بالشكل (4-7) وذلك لمحطة (Turolugh) الإيدارية في إيرلندا [7]، وأيضاً باستخدام تقنيات (GoogleEarth) كما هو موضح في الشكل (4-8) ، ويوضح الشكل (4-9) خطوط الكنتور.



الشكل (4-7) الربط بين السدود القائمة [7]

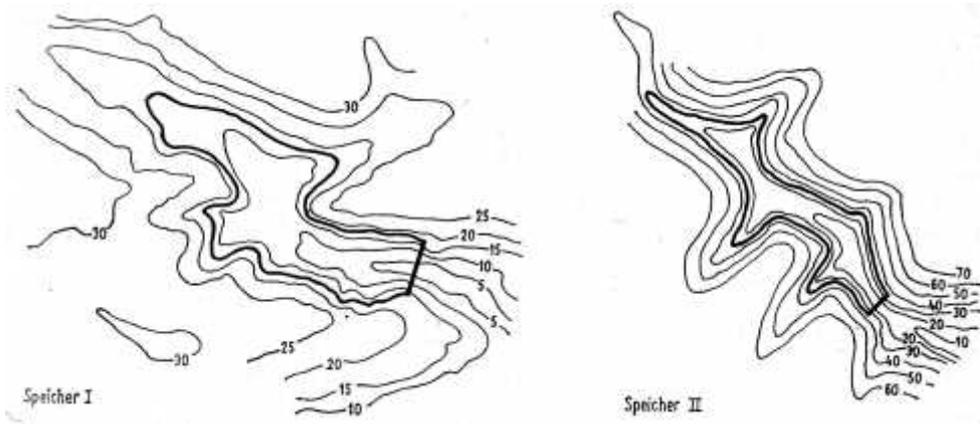


الشكل (4-8) Google Earth Photography [7]



الشكل (4-9) خطوط الكنتور [7]

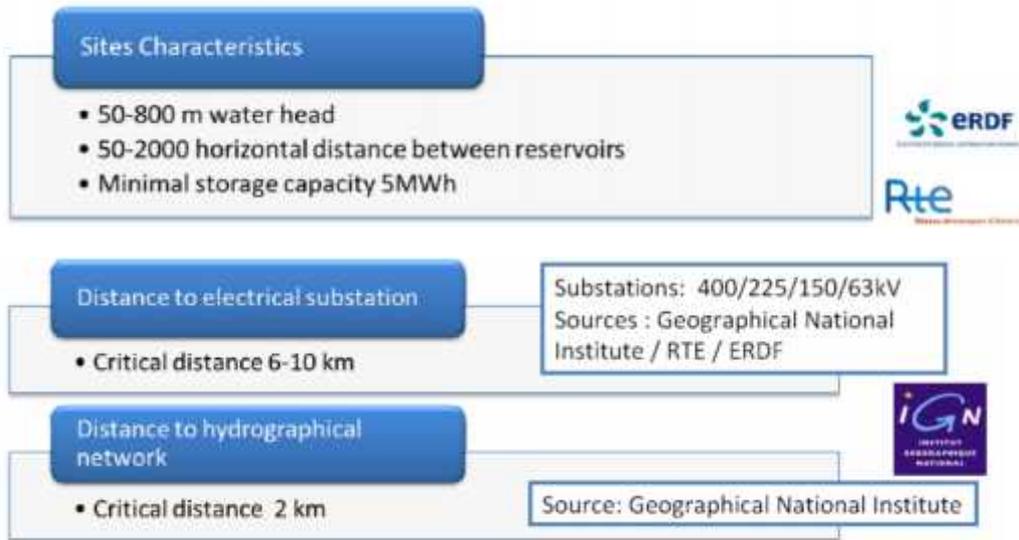
في الحالات التي لا توجد إمكانية الربط بين سدين مستثمرين أو سد مستثمر مع سد قيد التنفيذ يتم البحث عن موقع لخزان مائي، بحيث يفضل الموقع المختار الذي يحتوي فيه حوض المجرى المائي على تضاييق باعتباره يؤدي إلى اختصار طول جسم السد كما هو موضح في الشكل (4-10).



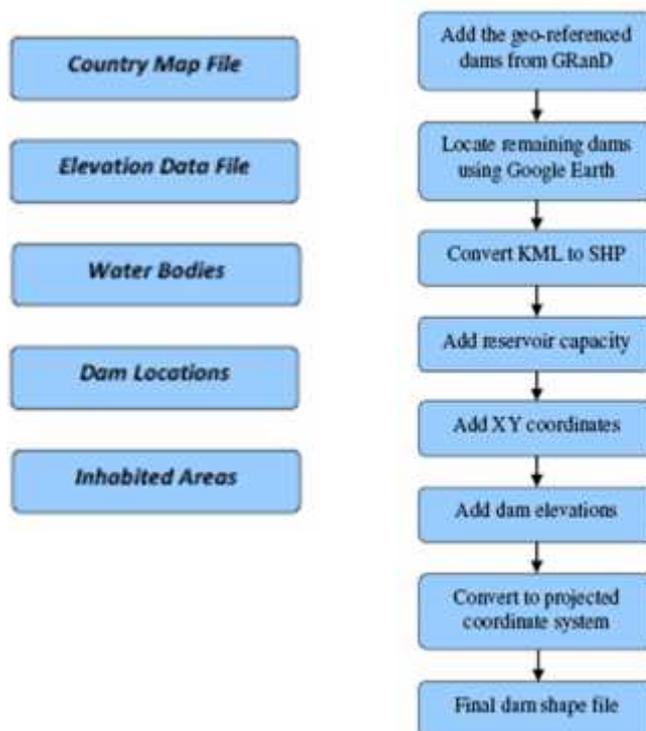
الشكل (4-10) تحديد محور جسم السد وحدود البحيرة

إن طول هذا التضاييق يجب أن يكفي لاحتواء منشأة المفيض والمنشآت الأخرى الملحقة بالسد. كما توضح بعض المراجعيات العالمية (معهد erdf، ومعهد RTE) توصيف للمواقع بناءً على الخرائط الالكترونية بحيث يؤخذ قيم الضاغط المائي ضمن المجال (50 - 800) م، والمسافة بين الخزائين

ضمن المجال (50 - 2000) م، والطاقة التخزينية الأصغر هي /5/ ميغاواط.ساعي، كما تُوضح المرجعيات السابقة الحدود القصوى المسموحة للقرب من المصدر الكهربائي بحيث لا تتجاوز عن /10/ كم.

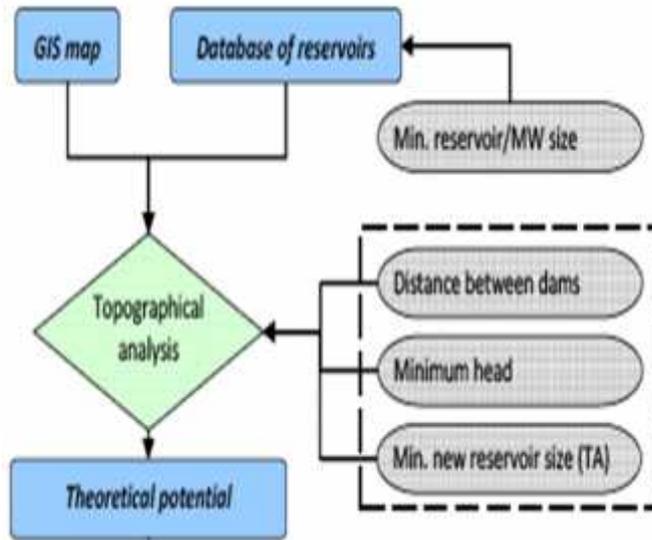


3. تصدير الخرائط الالكترونية إلى برنامج Google Earth pro :  
في هذه الخطوة يتم تصدير ملفات shapfile لطبقات السدود والأنهار والطرق والمباني وخطوط الكنتور الموضوعه ضمن بيئة عمل نظم المعلومات الجغرافية بصيغة (Kml) إلى برنامج (Google Earth pro) [25].



4. إجراءات معالجة البيانات ثم تحديد المواقع الممكنة وتوصيفها:

يتم فتح ملفات Gis المحفوظة بصيغة (Kml) عن طريق برنامج (GoogleEarthpro) وتجري المعالجة الممكنة، والتأكد من دقة الخرائط الرقمية المأخوذة. ويتم البحث عن المواقع الممكنة إذ أنه نحدد الموقع اعتماداً على معايير اختيار المواقع، واستخدام أدوات البحث: هما برنامجي (sGi) و(GoogleEarthpro) إذ يُوضّح مناطق المنحدرات وأعلى المنحدرات وبقية التفاصيل الطبوغرافية [26].



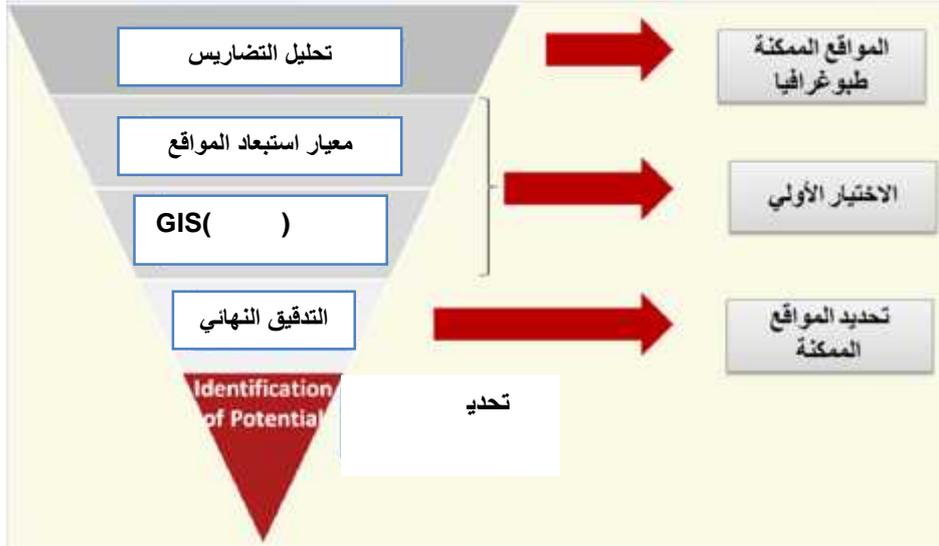
من أجل تحديد المواقع الأنسب للمحطات الإيدخارية بأنه يمكن الاستفادة من مواقع السدود

المستثمرة وقيّد التنفيذ والبحيرات القائمة، ونستخدم البيانات المدرجة في الجدول (4-1):

الجدول (4-1) بيانات اللازمة لتحديد المواقع

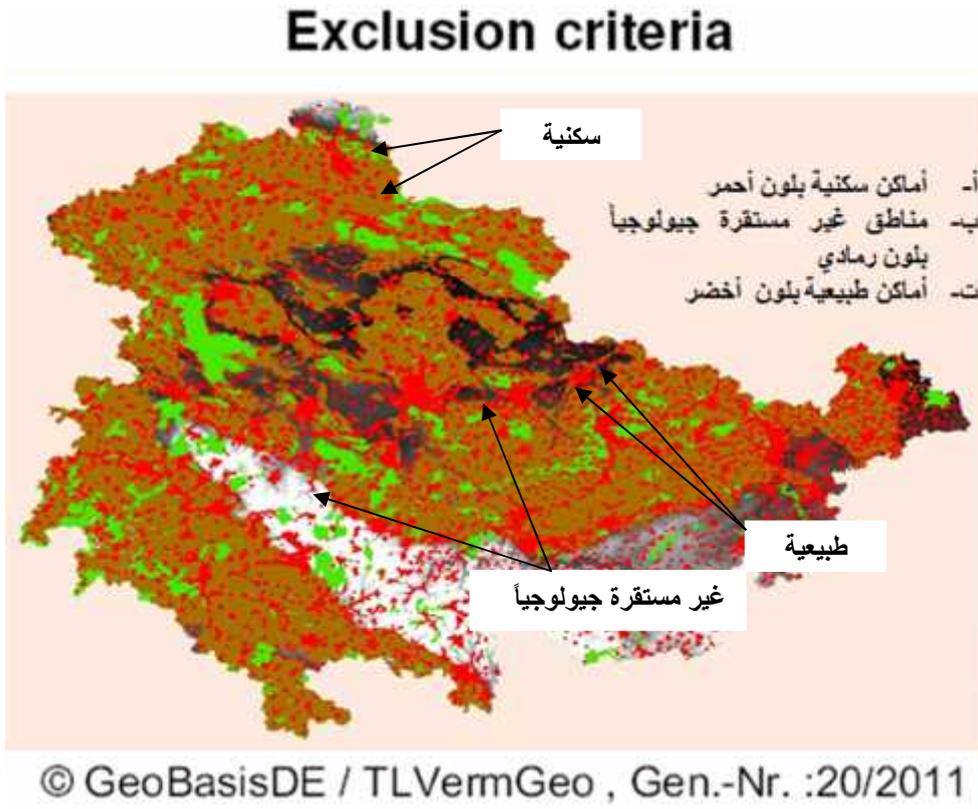
المصدر	الوصف	مصدر البيانات
الهيئة العامة للموارد المائية - وزارة الموارد المائية	الارتفاع فوق سطح البحر	الارتفاع
الهيئة العامة للموارد المائية - وزارة الموارد المائية	مالح أم عذب	المصدر المائي
	سكنية - زراعية - تجارية - غابات	طبيعة الارض

يتم تقييم مواقع الخزائين المائيين للمحطة الإيدخارية (الممكن إنشاؤها) باستخدام معايير اختيار المواقع؛ بحيث يتم التقييم على جميع المواقع الممكنة لإنشاء هذا النوع من المحطات؛ وذلك بإجراء بحث شامل على جميع مواقع السدود [31].



الشكل (4-11) مخطط الدراسة الطاقية للمواقع

ومن ثم يتم حذف المواقع غير الممكنة لإنشاء المحطات الإدخارية وذلك وفق معايير البحث الموضوعية وتحديد المواقع الممكنة فقط.



الشكل (4-12) مثال لعملية استبعاد المواقع

حيث توصف المواقع وفق البيانات التالية :

- الموقع (خطي الطول والعرض)
- الحجم المائي المنقول.
- المنسوب (الارتفاع الجغرافي)

ويوصف كل موقع وفق الجدول (2-4):

الجدول (2-4) بيانات توصيف الموقع

البيانات المطلوبة لتحديد المواقع الممكنة لإنشاء المحطات الإذخارية		
القيم /الوحدات	المؤشر	
سفلي/علوي	نوع الخزان المائي المستثمر	
خطي الطول والعرض	موقع الخزان العلوي	
خطي الطول والعرض	موقع الخزان السفلي	
م	منسوب الخزان العلوي	
م	منسوب الخزان السفلي	
سد/ بحيرة / نهر	نوع المصدر المائي المستثمر	
3م.م	حجم المصدر المائي المستثمر	
زراعية/مناطق سكنية/ أخرى	استخدامات الأراضي	
م	في حالة التوليد	الضاغط التصميبي
م	في حالة الضخ	
3م.م	حجم المياه المخزنة في الخزان العلوي	
ميغاواط	في حالة التوليد	الاستطاعة المركبة للمحطة الإذخارية
ميغاواط	في حالة الضخ	
م	الطول	الأنابيب
م	القطر	



### 3.4 تحديد الأحواض المائية الممكن إنشاء محطات إدارية فيها:

يُركّز البحث بشكل أساسي كما ذكر سابقاً على إمكانية استثمار السدود القائمة وقيّد التنفيذ؛ لإنشاء محطات إدارية في الأحواض المائية:

#### 1- حوض دجلة والخابور :

يقع في الجزء الشمالي الشرقي من سورية وتبلغ مساحته /21181/ كم<sup>2</sup> ويشكّل (11.4%) من إجمالي مساحة سورية، ويشكّل نهر الخابور أهم مورد مائي في الحوض مع روافده مثل الجعجغ وعدد من الأودية الموسمية مثل الزرقان. وتشكّل ينابيع رأس العين المصدر الرئيسي لنهر الخابور. ويبلغ عدد السدود المنفذة في الحوض /12/ سداً بإجمالي حجم تخزين (1045) مليون م<sup>3</sup> [40]. وحسب المعايير الموضوعية للبحث فإنه لا توجد إمكانية لإنشاء محطات إدارية وذلك لعدة أسباب :

1- تأثير العامل الهيدرولوجي (الوارد المائي).

2- تأثير العامل الطبوغرافي.

#### الجدول (3-4) المحطات الإدارية في حوض دجلة والخابور

اسم السد	التخزين الأعظمي (م.م 3)	الحجم الميت (م.م 3)	هل يمكن إنشاء محطة إدارية ؟		السبب
			ممكن	غير ممكن	
الحاكمية	7.5	0.19	×		عدم (توفر الوارد المائي + الشروط الطبوغرافية)
المنصورة	3.2	0.225	×		عدم (توفر الوارد المائي + الشروط الطبوغرافية)
السفان	48	1.6	×		عدم (الشروط الطبوغرافية)
الجوادية	10	0.5	×		عدم (توفر الوارد المائي + الشروط الطبوغرافية)
باب الحديد	23	0.4	×		عدم (توفر الوارد المائي + الشروط الطبوغرافية)
الجراحي	19.5	1.1	×		عدم (توفر الوارد المائي + الشروط الطبوغرافية)
معشوق	1.7	0.2	×		عدم (توفر الوارد المائي + الشروط الطبوغرافية)
كريمة (خارج الخدمة)	1.9	0.18	×		عدم (توفر الوارد المائي + الشروط الطبوغرافية)
الحسكة الشرقي	234	30	×		عدم (الشروط الطبوغرافية)
الحسكة غربي	91	19	×		عدم (الشروط الطبوغرافية)
الخابور (باسل الأسد)	605	70	×		عدم (الشروط الطبوغرافية)
خربة الحجي(خارج الخدمة حالياً)	0.44	0.01	×		عدم (توفر الوارد المائي + الشروط الطبوغرافية)
<b>المجموع</b>	<b>1045.24</b>	<b>123.41</b>	<b>12</b>		

## 2- حوض البادية:

يقع هذا الحوض في الجزء الأوسط الشرقي من سورية، تبلغ مساحته /71905/ كم<sup>2</sup> ويعدّ أكبر الأحواض المائية من حيث المساحة ويشكل (38.7%) من إجمالي مساحة سورية، ويبلغ عدد السدود المنفذة في الحوض /37/ سداً بإجمالي تخزين /67.8/ مليون م<sup>3</sup> وهذه السدود مخصصة لأجل الشرب وسقاية المواشي ودرء أخطار الفيضانات المفاجئة في بعض أودية البادية السورية [40]. وحسب المعايير الموضوعية للبحث فإنه لا توجد إمكانية لإنشاء محطات إدارية وذلك بسبب العامل الهيدرولوجي (الوارد المائي)، ويوضح الجدول (4-4) ذلك.

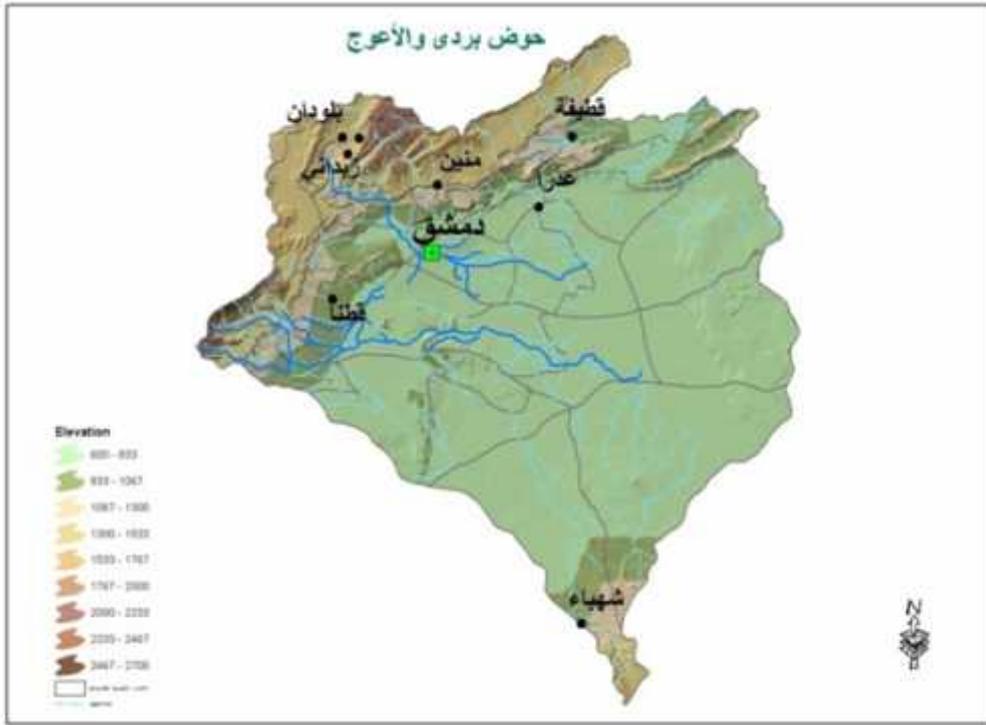
الجدول (4-4) المحطات الإدارية في حوض البادية

اسم السد	التخزين الأعظمي (م.م 3)	الحجم الميت (م.م 3)	هل يمكن إنشاء محطة إدارية ؟		السبب
			غير ممكن		
السعن	1.00	0.00	×		عدم توفر الوارد المائي
العلبوي	1.41	0.23	×		عدم توفر الوارد المائي
الشيخ هلال	0.58	0.25	×		عدم توفر الوارد المائي
وادي العزيب	0.70	0.06	×		عدم توفر الوارد المائي
الحسيات	1.63	0.45	×		عدم توفر الوارد المائي
ابو الفياض جديد	1.39	0.25	×		عدم توفر الوارد المائي
الخشابية	9.62	3.20	×		عدم توفر الوارد المائي
الكضيم	2.35	0.95	×		عدم توفر الوارد المائي
سوحا	0.43	0.00	×		عدم توفر الوارد المائي
تل جديد	0.39	0.00	×		عدم توفر الوارد المائي
مشيرفة المويلح	0.86	0.00	×		عدم توفر الوارد المائي
القرينتن	5.00	1.50	×		عدم توفر الوارد المائي
وادي ابيض	4.89	1.00	×		عدم توفر الوارد المائي
الوعر	3.35	0.35	×		عدم توفر الوارد المائي
المريعة	3.23	0.45	×		عدم توفر الوارد المائي
صدد	2.78	0.02	×		عدم توفر الوارد المائي
الفرقلس	2.24	0.16	×		عدم توفر الوارد المائي
ابو قلة	2.00	0.55	×		عدم توفر الوارد المائي
المخرم	1.18	0.02	×		عدم توفر الوارد المائي
جباب شقرا	0.98	0.24	×		عدم توفر الوارد المائي
تدمر	0.82	0.00	×		عدم توفر الوارد المائي
أرك	0.83	0.44	×		عدم توفر الوارد المائي
الوادي الكبير	0.52	0.05	×		عدم توفر الوارد المائي
الحفر	0.35	0.13	×		عدم توفر الوارد المائي

النعامية	0.23	0.00	×	عدم توفر الوارد المائي
المغزلية	10.00	4.00	×	عدم توفر الوارد المائي
خلف الأيوبي	0.76	0.30	×	عدم توفر الوارد المائي
الروم	1.60	0.13	×	عدم توفر الوارد المائي
وادي البقر	1.55	0.04	×	عدم توفر الوارد المائي
خان منقورة	0.27		×	عدم توفر الوارد المائي
ريشة	1.33	0.43	×	عدم توفر الوارد المائي
	64.27	15.20		

### 3- حوض بردى والأعوج:

يقع حوض بردى والأعوج بين حوض البادية وحوض العاصي ويشغل (4.7 %) من إجمالي مساحة سورية، ويبلغ عدد السدود المنفذة في الحوض/6/ سدود بإجمالي تخزين (7.8) مليون م<sup>3</sup> وهذه السدود مخصصة لأجل درء أخطار الفيضانات والترشيع لتغذية المياه الجوفية ولسقاية الثروة الحيوانية وكذلك لأغراض سياحية[40].



الشكل (4-14) حوض بردى والأعوج[40]

وحسب المعايير الموضوعية للبحث فإنه لا توجد إمكانية لإنشاء محطات إيداعية وذلك بسبب العامل الهيدرولوجي (الوارد المائي)، ويوضح الجدول (4-5) ذلك.

الجدول(4-5) المحطات الإذخارية في حوض بردى والأعوج

السبب	هل يمكن إنشاء محطة إذخارية ؟		الحجم الميت (3م.م)	التخزين الأعظمي (3م.م)	اسم السد
	ممكن	غيرممكن			
عدم توفرالوارد المائي	x		0.08	1.72	وادي القرن
عدم توفرالوارد المائي	x		0.4	1.5	دير عطية غربي
عدم توفرالوارد المائي	x		0.29	1.63	دير عطية ش مجري القلمون
عدم توفرالوارد المائي	x		0.2	0.4	قارة
عدم توفرالوارد المائي	x		0.005	0.6	القيظة
عدم توفرالوارد المائي	x		0.075	2.15	الضمير
			1.05	8.00	المجموع

#### 4- حوض الفرات:

يأتي هذا الحوض بالدرجة الثانية من حيث المساحة بعد حوض البادية حيث يمتد الحوض المائي لنهر الفرات في أراضي الجمهورية العربية السورية ضمن محافظات ( حلب- الرقة - ديرالزور) بمساحة حوالي (44) ألف كيلو متر مربع ويشغل (27.7%) من إجمالي مساحة سورية و يبلغ عدد السدود المنفذة في الحوض /5/ سدود بإجمالي تخزين (16083) مليون م<sup>3</sup> [40]. وحسب المعايير الموضوعه للبحث توجد إمكانية لإنشاء محطات إذخارية في الحوض وذلك للإسباب التالية :

- 1- العامل الهيدرولوجي (الوارد المائي).
- 2- الشروط الطبوغرافية المناسبة.
- 3- القرب من المصدر الكهربائي .

الجدول(4-6) المحطات الإذخارية في حوض الفرات

السبب	المواقع	الضاغط المقترح (م)	هل يمكن إنشاء محطة إذخارية ؟		الحجم الميت (3م.م)	التخزين الأعظمي (3م.م)	اسم السد
			ممكن	غيرممكن			
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية )	الربط بين سدي تشرين والفرات	21	✓		1820	1883	تشرين
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية )	الربط بين سدي الفرات والبعث	48	✓		4330	14100	الفرات
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية )			✓		60	90	البعث

الساجور	10	0.82	×		عدم توفر الشروط الطبوغرافية
أم جلود	3.5	0.8	×		عدم توفر الموقع المناسب
حلبية زليبية	140		✓	125	بحيرة سد حلبية زليبية
<b>المجموع</b>	<b>16,087</b>	<b>6,212</b>			

#### 5- حوض العاصي:

يُعدُّ حوض العاصي من الأحواض المائية الهامة في وسط سورية؛ حيث يجري نهر العاصي ضمن الأراضي السورية بدءاً من محافظة حمص وحماه فأدلب ثم أراضي لواء الاسكندرون، ترفده مجموعة كبيرة من الروافد سواء من ضفته اليمنى أو اليسرى، ويشغل (11.7%) من إجمالي مساحة سورية ويبلغ عدد السدود المنفذة في الحوض /40/ سداً بإجمالي تخزين (927) مليون م<sup>3</sup> لغايات توليد الطاقة والري ودرء أخطار الفيضان وسقاية المواشي والشرب والترشيح لتغذية المياه الجوفية تروي مساحة (123.680) ألف هكتار، ويُعدُّ كل من سد بحيرة قطينة وسد الرستن في محافظة حمص وسد محرده في محافظة حماه من أهم السدود في هذا الحوض [40]. وحسب المعايير الموضوعية للبحث توجد إمكانية لإنشاء محطات إدارية في مواقع عددها قليل جداً وذلك لعدم توفر الوارد المائي في المواقع الأخرى والشروط الطبوغرافية المناسبة.

الجدول (4-7) المحطات الإدارية في حوض العاصي

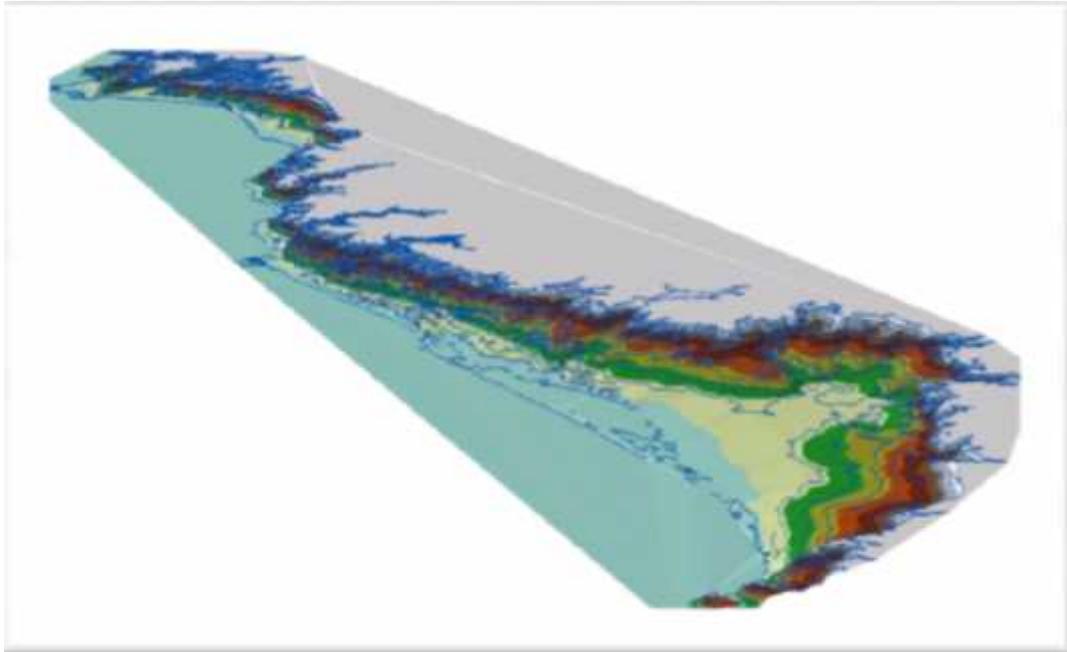
اسم السد	التخزين الأعظمي (م.م.3)	الحجم الميت (م.م.3)	هل يمكن إنشاء محطة إدارية؟		الموقع	السبب
			غير ممكن	المقترح (م)		
الرستن	250	10.00	×			عدم توفر الشروط الطبوغرافية
محرده	50	4.00	×			عدم توفر الشروط الطبوغرافية
رابية الشيخ	7.50	1.50	×			عدم توفر الوارد المائي
سريحين	1.00	0.05	×			عدم توفر الوارد المائي
الكافات	1.50	0.20	×			عدم توفر الوارد المائي
المباركات	0.23	0.03	×			عدم توفر الوارد المائي
تل التوت	2.40	0.50	×			عدم توفر الوارد المائي
الغسانية	3.60	0.30	×			عدم توفر الوارد المائي
اللطامنة	0.65	0.01	×			عدم توفر الوارد المائي
قسطون	27.00	1.00	×			عدم توفر الشروط الطبوغرافية

عدم توفر الوارد المائي			×		2.25	7.75	سلحب
عدم توفر الشروط الطبوغرافية			×		1.34	7.80	أبو بكرة
توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة	الربط بين سدود أقاميا	38		✓	0.54	27.54	أقاميا - آ
عدم توفر الوارد المائي			×		0.02	0.17	الزينة/ مصياف
عدم توفر الشروط الطبوغرافية			×		50.00	200	قطينة
عدم توفر الوارد المائي			×		0.50	15	تلدو
عدم توفر الوارد المائي			×		0.15	2.60	التنونة
عدم توفر الوارد المائي			×		0.02	1.33	الدليوز
عدم توفر الوارد المائي			×		0.05	1.15	خرية الحمام
عدم توفر الوارد المائي			×		0.23	1.05	الشنداقية
عدم توفر الوارد المائي			×		0.17	0.82	تلليل
عدم توفر الوارد المائي			×		0.27	0.27	رام العنز
عدم توفر الوارد المائي			×		0.10	0.50	محناية (الحشمة)
عدم توفر الوارد المائي			×		0.03	0.36	السنديانة
عدم توفر الوارد المائي			×		0.04	0.31	البارودية
عدم توفر الوارد المائي			×		0.03	0.29	تلكخ
عدم توفر الوارد المائي			×		0.01	0.23	الزعرانة
عدم توفر الوارد المائي			×		0.01	0.96	مسكنة
عدم توفر الشروط الطبوغرافية			×			80.00	زيتا
عدم توفر الشروط الطبوغرافية			×		12.50	190	نيسان 17/
عدم توفر الشروط الطبوغرافية			×		0.50	7.00	الشهباء
عدم توفر الوارد المائي			×		1.11	15.00	راجو

نبيل	0.36	0.13	x	عدم توفر الوارد المائي
الدويسات	3.60	0.25	x	عدم توفر الوارد المائي
البالعة	14.50	1.50	x	عدم توفر الوارد المائي
خان شيخون	0.27	0.03	x	عدم توفر الوارد المائي
معرفة النعمان	0.23	0.01	x	عدم توفر الوارد المائي
الهييط	0.48	0.03	x	عدم توفر الوارد المائي
العقرق	0.60	0.12	x	عدم توفر الوارد المائي
كفر روحين	2.50	0.18	x	عدم توفر الوارد المائي

#### 6- حوض الساحل:

يقسم حوض الساحل إلى / 21 / حوضاً مائياً صباية ( وفقاً لمجري الأنهار بدءاً من أعالي الجبال وتتجه خطوط الجريان المائي السطحي والجوفي بشكل عام من الشرق إلى الغرب وتتحرف في القسم الجنوبي) من الحوض باتجاه الجنوب الغربي / منخفض عكار/.  
تبلغ مساحة حوض الساحل (5049) كم<sup>2</sup> ويشغل حوالي (2.7%) فقط من المساحة الإجمالية للقطر تتشكل فيه (13%) من الموارد المائية الإجمالية.



الشكل (4-15) يوضح DEM لحوض الساحل



الشكل (4-16) الأحواض الصبابة في حوض الساحل [40]

وحسب المعايير الموضوعية للبحث توجد إمكانية لإنشاء محطات إدارية، ويوضح الجدول (4-8) ذلك.

الجدول (4-8) المحطات الإدارية في حوض الساحل

السبب	الموقع	الضاغط المقترح (م)	هل يمكن إنشاء محطة إدارية ؟		الحجم الميت (م <sup>3</sup> )	التخزين الأعظمي 3م.م	اسم السد
			غير ممكن				
التزامات السد + عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة			x		0.12	0.3	بيت القصير
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية)	الربط بين بحيرة السد وموقع وحيد			✓	0.16	1.8	فاقي حسن
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية)	الربط بين بحيرة السد وأربعة مواقع			✓	0.5	15.5	بلوران
التزامات السد + عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة			x		0.064	0.3	الجوزية
التزامات السد + عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة			x		0.1	1.5	خرية الجوزية
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية)	الربط بين بحيرة السد وأربعة مواقع			✓		140	برادون

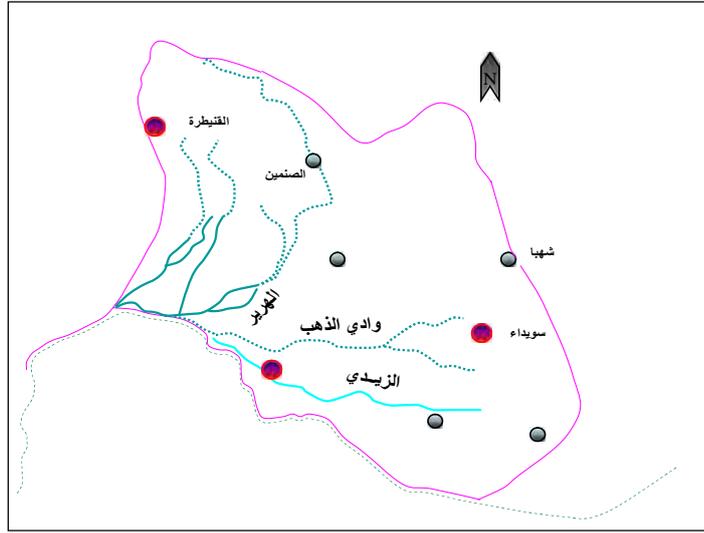
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية	الربط بين بحيرة السد وأربعة مواقع			✓	76	210	16 تشرين
التزامات السد + عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	0.30	0.37	كرسانا
التزامات السد + عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	0.05	0.77	القنجرة
التزامات السد + عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	0.125	2.5	الحفة
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية	الربط بين بحيرة السد وموقعين			✓	9.2	97.88	الثورة
التزامات السد + عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	0.4	2.13	بحمرا
التزامات السد + عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	0.8	10	صلاح الدين
عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	0.41	7.5	بيت ريحان
التزامات السد + عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	0.1	1.2	كفر دبيل
عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	2	16.5	الحويز
عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×		55.2	السخابية
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية)	الربط بين بحيرة السد وموقعين			✓	1.22	4.5	الصوراني
عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	3	103.16	الابرش
عدم توفر الشروط الطبوغرافية المناسبة				×	0.41	3	خليفة
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة	الربط بين بحيرة السد وموقع وحيد			✓	4	52	تل حوش
توفر (الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة	الربط بين بحيرة السد وموقعين			✓	1.2	19.2	المزينة

## 7- حوض اليرموك:

يقع الجزء السوري من حوض اليرموك في جنوب سورية شمال شرقي بحيرة طبريا ومرتفعات الجولان، ويحده من الشرق جبل العرب ومن الجنوب الأردن ومن الشمال حوران وهي الخط الفاصل بين حوض دمشق وحوض اليرموك.

تقدر مساحة الحوض الأجمالية بـ 5664/كم<sup>2</sup> منها (297) كم<sup>2</sup> ضمن الأراضي الأردنية وتشغل (3.1%) من مساحة سورية.

يضم حوض اليرموك خمسة وديان رئيسية هي: وادي الرقاد، وادي العلان، وادي الهرير، وادي الذهب ووادي الزيدي.



الشكل (4-17) الأحواض الرئيسية في حوض اليرموك [40]

عدد السدود المنفذة في الحوض 42 سداً بإجمالي تخزين قدره 245 مليون م<sup>3</sup> موزعة على الوديان الرئيسية، وحسب معايير البحث الموضوعة توجد إمكانية في مواقع قليلة جداً في بعض المواقع بسبب توفر الوارد المائي، والشروط الطبوغرافية المناسبة أما بقية المواقع لاتوجد إمكانية ويوضح الجدول (4-9) ذلك.

الجدول (4-9) المحطات الإِدخارية في حوض اليرموك

السبب	الموقع	الضاغط المقترح (م)	هل يمكن إنشاء محطة إِدخارية ؟		الحجم الميت (3م.م)	التخزين الأعظمي (3م.م)	اسم السد
			ممكن	غيرممکن			
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)				×	2	20	الشهيد باسل الأسد

توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة	بحيرتي المنطرة مع رويحنية	21		✓	2.50	40.2	المنطرة
توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة	بحيرتي المنطرة مع رويحنية	21		✓	0.085	1.03	رويحنية
توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة	بحيرتي سدي برقة مع كودنة	12		✓	0.2	1.1	بريقة
توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة	بحيرتي سدي برقة مع كودنة	12		✓	4	30	كودنة
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)					0.8	5.8	غدير البستان
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.6	9.2	الرقاد
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.08	0.85	الهجة
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.28	6.65	تسيل
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.26	5.25	العلان
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×			20	سحم الجولان
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.376	5.53	عابدين
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		1.78	15	الشيخ مسكين
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.44	3.5	ابطع الكبير
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.09	0.5	ابطع الصغير
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.24	5.85	عدوان
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.365	2.1	غربي طفس
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.09	0.65	عثمان
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		5	15	درعا الشرقي
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.8	2.45	الغاربية الشرقية
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×		0.025	1	المتناعية

عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0	2.14	البطم
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0	0.16	غدير الصوف
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.25	2	شهبأ
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.125	2	الغيسة
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.85	6.1	قنوات
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.13	6.4	الروم
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.03	0.5	جولين
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.022	1	سهوة بلاطة
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.1	1.21	المششف شمالي
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0	0.45	المششف جنوبي
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.25	2	الطبية
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	1.2	6.65	جبل العرب
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	1.5	8.75	سهوة الخضر
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.3	1.95	حبران
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.325	1.35	العين
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.116	0.55	صلخد
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.015	0.25	خازمة
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.22	9.6	الزلف
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.005	0.03	رساس
عدم (توفر الوارد المائي+ الشروط الطبوغرافية المناسبة)			×	0.015	0.45	الرحى

#### 4.4 دراسة وحسابات الطاقة المائية في الأحواض المائية:

أ- حوض الفرات:

تم اختيار سدود الفرات الثلاثة وسد حلبية زلبية لإنشاء المحطات الإيدخارية في حوض الفرات وذلك بناء على معايير البحث ( الوارد المائي، الضاغط المائي، الاستطاعة، الطاقة الكهربائية المنتجة) باعتبارها هي مؤشرات الطاقة الرئيسية .

وبناءً على ذلك تم تحديد المواقع وبيين الشكل (4-18) المواقع المتوقعة في حوض الفرات.

إجمالي الطاقة اليومية: **المنتجة** 8843 ميغاواط.ساعي

**المستهلكة** 1853 ميغاواط. ساعي



الشكل (4-18) المواقع الممكنة في حوض الفرات

#### 1. الربط بين سدي تشرين و الفرات :

تم اختيار بحيرة سد تشرين بمثابة إحدى خزانات هذه المحطات بحيث تكون البحيرة العلوية وبحيرة سد الفرات هي البحيرة السفلية؛ بحيث تؤمن الشروط اللازمة لتصميم مثل هذه المحطات بالإضافة إلى توفر الوارد المائي على مدار السنة والشروط الطبوغرافية المناسبة.

المواصفات الفنية لبحيرة سد تشرين:

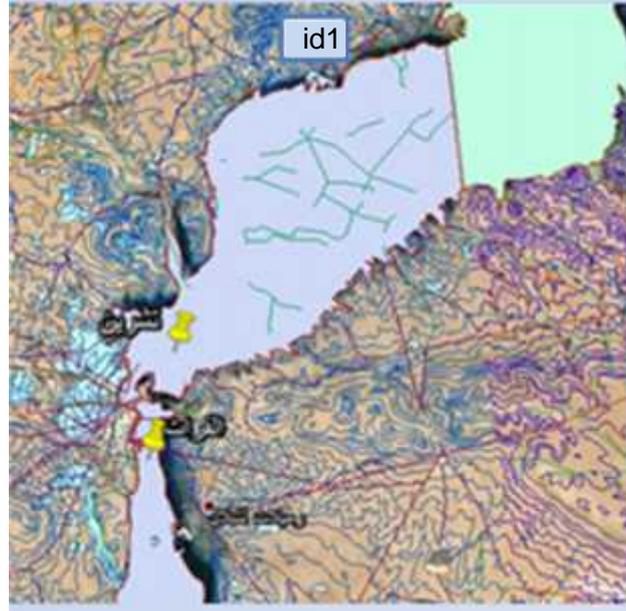
الجدول (4-10) المواصفات الفنية لبحيرة سد تشرين [40]

طولها (كم)	عرضها (م)	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	حجمها (مليارم <sup>3</sup> )	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب التخزين الأصغري (م)
70	8	166	1,883	325	305

المواصفات الفنية لبحيرة :

الجدول (4-11) المواصفات الفنية لبحيرة سد الفرات [40]

منسوب التخزين الأصغري (م)	منسوب التخزين الأعظمي (م)	حجمها (مليار م <sup>3</sup> )	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	عرضها (م)	طولها (م)
296	304	14.1	640	8	80



الشكل (4-19) الربط بين سدي تشرين والفرات

- حسابات الطاقة المائية:

يُظهر في الجدول (4-12) حسابات الطاقة المائية من المحطة الإذخارية باستخدام علاقات الطاقة سابقة الذكر (الفصل الثالث) بحيث يكون:

إجمالي الطاقة اليومية:

المنتجة : /1360/ ميغاواط .ساعي.

المستهلكة : /1853 / ميغاواط . ساعي.

الجدول (4-12) حسابات الطاقة المائية للربط بين سدي تشرين والفرات

الاستطاعة الإذخارية المركبة (ميغاواط) في حالة الضخ t=5hr	في حالة التوليد t=4 hr	Lg (م)	النسبة L/H	L (م)	الضاغط المائي H (م)		الخزان العلوي		الخزان السفلي	
					في حالة الضخ	في حالة التوليد	حجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
161.47	146.8	0.4	11.26	800	71.5	70.5	3.4	id1	1881	تشرين
209.23	193	0.3			21	21	15	الفرات	1881	

## 2. الربط بين سدي الفرات والبعث:

تُتم اختيار بحيرة سدالفرات بمثابة إحدى خزانات هذه المحطات بحيث تكون هي البحيرة العلوية وبحيرة سد البعث هي البحيرة السفلية (القريبة من البحيرة العلوية) بحيث تُؤمن الشروط اللازمة لتصميم مثل هذه المحطات بالإضافة إلى توفر الوارد المائي على مدار السنة والشروط الطبوغرافية المناسبة.

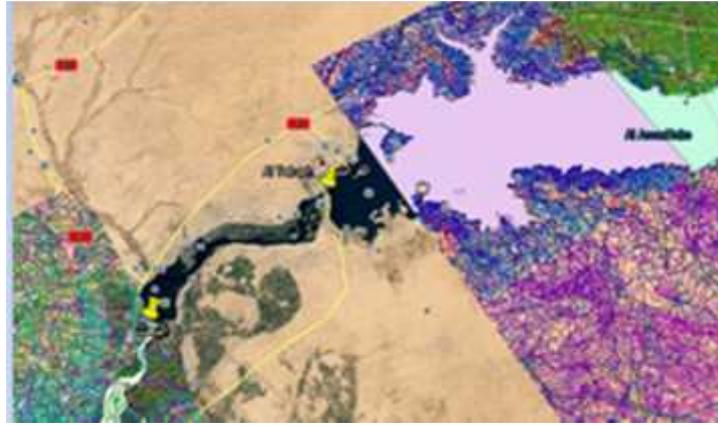
### فات الفنية لبحيرة :

طولها (كم)	عرضها (كم)	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	حجمها (مليار م <sup>3</sup> )	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب التخزين الأصغري (م)
80	8	640	14.1	304	296

### المواصفات الفنية لبحيرة :

الجدول (4-13) المواصفات الفنية لبحيرة سد البعث [40]

طولها (كم)	عرضها (كم)	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	حجمها (مليون م <sup>3</sup> )	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب التخزين الأصغري (م)
26	1.5	27.15	90.24	256	254



الشكل (4-20) الربط بين سدي الفرات والبعث

- حسابات الطاقة المائية:

يُظهر في الجدول (4-14) حسابات الطاقة المائية من المحطة الإيدارية باستخدام علاقات الطاقة سابقة الذكر (الفصل الثالث) بحيث يكون:

إجمالي الطاقة اليومية:

المنتجة: /1620/ ميغاواط. ساعي.

المستهلكة: /2192/ ميغاواط. ساعي.

الجدول (4-14) حسابات الطاقة المائية للربط بين سدي الفرات والبعث

الاستطاعة الإبحارية المركبة (ميغاواط)		Lg (كم)	الضاغط المائي H (م)		الخزان العلوي		الخزان السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد		في حالة الضخ	في حالة التوليد	حجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	di	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
438	405	0.4	44	44	15	البعث	14100	الفرات

### 3. سد حلبية زليبية :

موقع سد حلبية زليبية: على نهر الفرات يقع إلى الشمال من مدينة دير الزور بحدود 50 كم

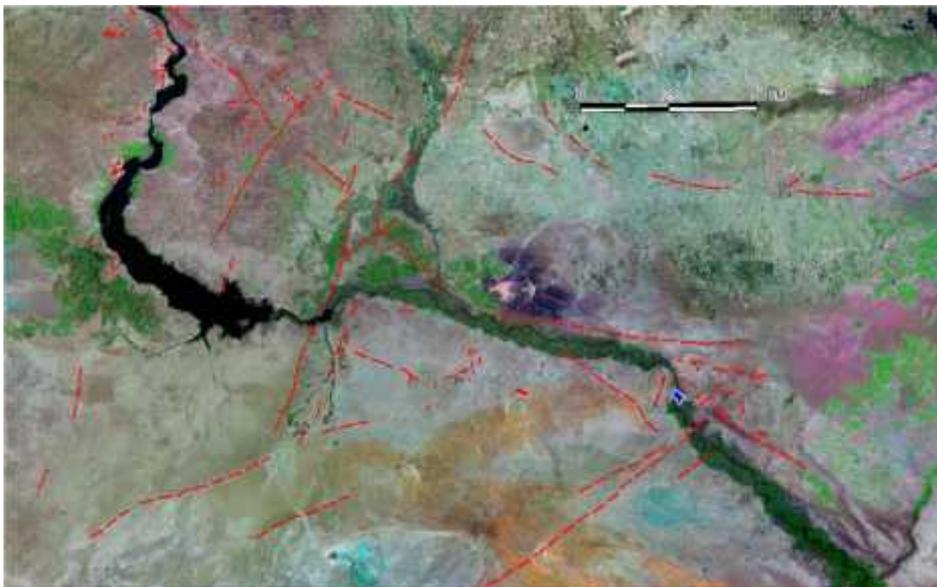
قرب الموقع الأثري لقلعتي حلبية و زليبية.

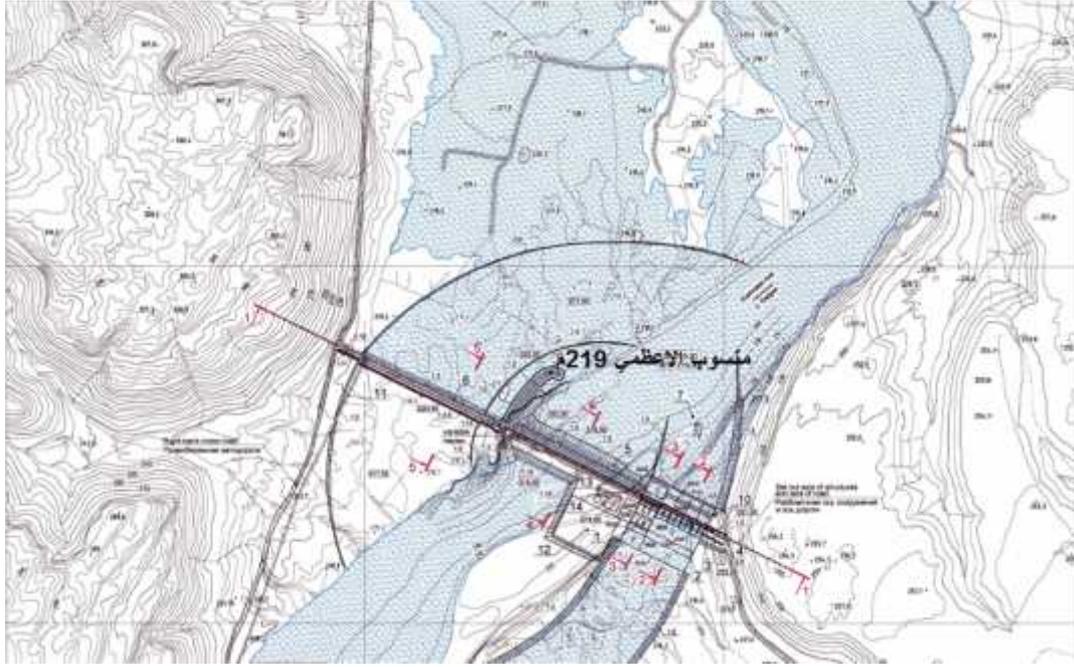
تم اختيار بحيرة سد حلبية زليبية بمثابة إحدى خزانات هذه المحطات بحيث تكون هي البحيرة السفلية والموقعين {id1،id2} (كبحيرات علوية) على الكنف الأيمن من النهر يحققان الشروط اللازمة لتصميم مثل هذه المحطات (مع الإشارة إلى أنه هناك دراسة تمت لمعهد هيدرولوجيت الروسي عام (2008) لدراسة إنشاء محطة إبحارية على الكنف الأيمن من النهر وهي موافقة للموقع هي id1)

المواصفات الفنية لبحيرة سد حلبية زليبية المفترض إنشاؤه:

الجدول (4-15) المواصفات الفنية لبحيرة سد حلبية زليبية [40]

طولها (كم)	حجم التخزين الأعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب الحجم الميت (م)
45	140	219	210





الشكل (4-21) سد حلبية زلبية المقترح إنشاؤه



الشكل (4-22) المواقع المتوقعة القريبة من سد حلبية زلبية

- حسابات الطاقة المائية:

يُظهر في الجدول (4-16) حسابات الطاقة المائية من المحطة الإيدارية باستخدام علاقات الطاقة سابقة الذكر (الفصل الثالث) وفق مايلي:

إجمالي الطاقة اليومية:

**المنتجة:** /5863/ ميغاواط.ساعي.

**المستهلكة:** / 8141/ ميغاواط. ساعي.

الجدول (4-16) حسابات الطاقة المائية للمواقع القريبة من سد حلبية زلبية

الاستطاعة الإيدارية المركبة (ميغاواط)		Lg (كم)	النسبة L/H	L (م)	الضاغط المائي H (م)		الخزان العلوي		الخزان السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد				في حالة الضخ	في حالة التوليد	حجم المائي المنقول (مليون م3)	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م3)	السد
917	886	0.5	2.4	300	125.8	124.2	13.1	id1	140	حلبية زلبية
444	417	0.5	2.72	300	111.3	108.7	7.04	id2		

ب- حوض الساحل:

يُوضح الشكل (4-23) المواقع المتوقعة لإنشاء محطات إدارية في حوض الساحل:



الشكل (4-23) المواقع المتوقعة لإنشاء محطات إدارية في حوض الساحل

1- حوض الكبير الشمالي:

يُعدّ حوض نهر الكبير الشمالي من أكبر الأحواض في المنطقة الساحلية.

- /1097/ 2.

- 16 تشرين /996/ 2.

المواقع المتوقعة في حوض الكبير الشمالي:

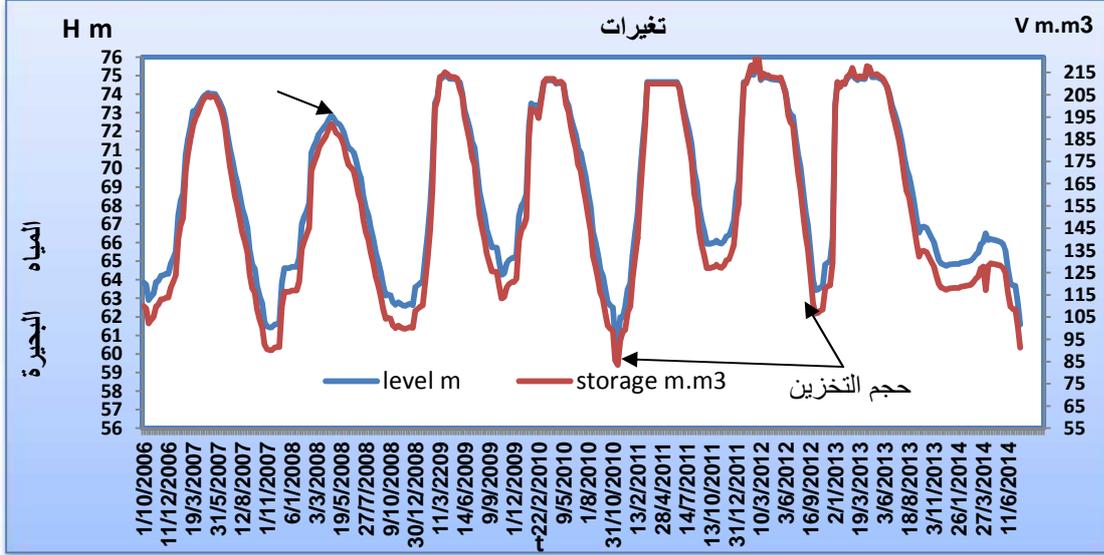
أ. سد 16 تشرين:

وهو سد مخصص لأغراض الري.

المواصفات الفنية لبحيرة سد 16 تشرين:

الجدول (4-17) المواصفات الفنية لبحيرة سد 16 تشرين [40]

منسوب الحجم (م)	منسوب التخزين الأعظمي (م)	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	الحجم الميت (مليون م <sup>3</sup> )	حجم التخزين الأعظمي (مليون م <sup>3</sup> )
61.84	74.6	11.2	76	210



الشكل (4-24) تغيرات حجم التخزين و مناسيب المياه في بحيرة سد 16 تشرين مع الزمن



الشكل (4-25) المواقع المتوقعة في سد 16 تشرين

يُظهر في الشكل (4-26) مسقط لبحيرة السد بالإضافة إلى مقطع طولي في مسار الأنبوب  
الواصل بين موقعي الخزان المضاف و بحيرة السد و يُظهر عليه تضاريس الأرض الطبيعية عند خط  
استقرار المياه (الربط).



الشكل (26-4) مقطع طولي للموقع id1

باستخدام بحيرة سد كبحيرة سفلية وحسب طبوغرافية الموقع حول البحيرة تم اختيار أربع مواقع احداثياتها حسب الجدول (4-18) وموضحة في الشكل (4-25).

الجدول (4-18) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد 16 تشرين

الاحداثيات		المواقع المقترحة
35°56'56.08"E	35°38'38.41"N	الموقع الاول id1
35°54'29.12"E	35°38'42.37"N	الموقع الثاني id2
35°54'29.12"E	35°38'42.37"N	الموقع الثالث id3
35°57'31.67"E	35°40'31.45"N	الموقع الرابع id4

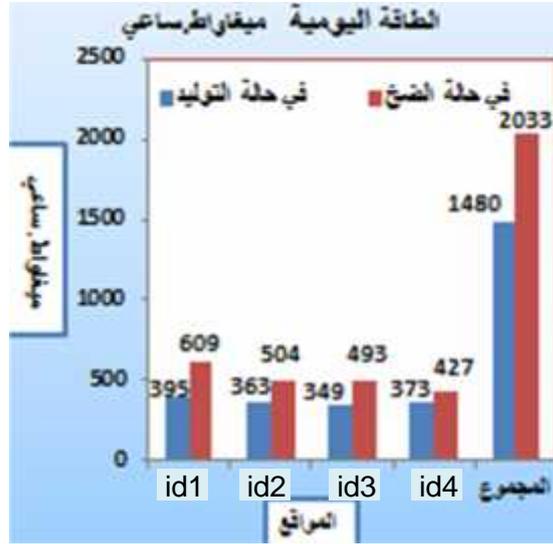
بناءً على معايير اختيار المواقع تم تقييم كل موقع على حده والنتائج مدرجة وفق الجدول (4-19).

الجدول (4-19) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد 16 تشرين

تقييم المواقع المختارة				
عامل الاختيار	المعايير			الموقع
	SSF	lg Km	L/H	
0.57	3	10.5	95	id1
0.63	2.6	6.6	90	id2
0.62	1.8	7.1	200	id3
0.67	3	7.6	80	id4

- حسابات الطاقة المائية:

يُظهر في الشكل (4-27) والجدول (4-20) حسابات الطاقة المائية من المحطات الإذخارية في المواقع القريبة من سد 16 تشرين باستخدام علاقات الطاقة سابقة الذكر (الفصل الثالث) وفق مايلي:



الشكل (4-27) إجمالي الطاقة اليومية من المواقع القريبة من سد 16 تشرين

الجدول (4-20) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد 16 تشرين

الاستطاعة الإذخارية المركبة (ميغاواط)		النسبة L/H	L (م)	الضاغط المائي H (م)		الخزان العلوي		الخزان السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد			في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
111.2	94.3	10.5	1000	96.8	94.1	1.67	id1	210	16 تشرين
9.4	7.8	6.63	597	92.9	89.8	0.145	id2		
45.7	39.4	7.15	1430	202.4	199.3	0.33	id3		
11.7	10.3	7.56	605	81.7	79.3	0.21	id4		
178	152					2.36	المجموع		

ب. سد بردون :

عبارة عن سد ركامي يهدف إلى تنظيم جريانات روافد نهر الكبير الشمالي وإرواء مساحة /7500/

هكتار وتأمين الشرب للقرى المجاورة .

المواصفات الفنية لبحيرة سد بردون:

الجدول (4-21) المواصفات الفنية لبحيرة سد برادون[40]

طولها (كم)	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	حجم التخزين الأعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب الحجم الميت (م)
8	5.3	140	190	132



الشكل (4-28)المواقع المتوقعة في سد برادون



الشكل (4-29) مقطع طولي للموقع id2

باستخدام بحيرة السد كبحيرة سفلية وحسب طبوغرافية الموقع حول البحيرة تم اختيار أربع مواقع احداثياتها حسب الجدول (4-22) وموضحة في الشكل (4-28).

الجدول (4-22) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد برادون

الاحداثيات		المواقع المقترحة
36° 3'57.02'E	35°45'47.13' N	الموقع الاول id1
36° 5'10.40'E	35°44'16.56' N	الموقع الثاني id2
36° 4'49.66'E	35°44'54.12' N	الموقع الثالث id3
36° 3'42.92'E	35°44'52.21' N	الموقع الرابع id4

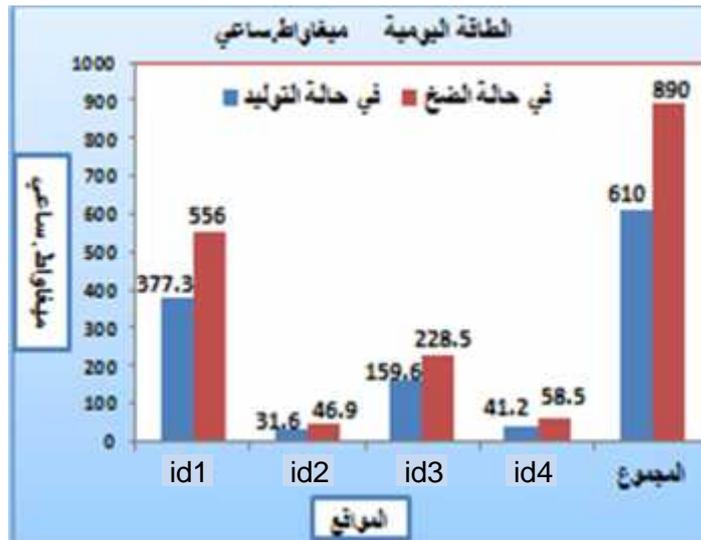
بناءً على معايير اختيار المواقع تم تقييم كل موقع على حده والنتائج مدرجة وفق الجدول (4-23).

الجدول (4-23) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد برادون

تقييم المواقع المختارة				
عامل الاختيار	المعايير			الموقع
	SSF	Ig Km	L/H	
0.78	5	12	74	id1
0.83	4.5	4.4	150	id2
0.8	4	6.9	123	id3
0.8	3.8	6.9	123	id4

- حسابات الطاقة المائية :

يُظهر في الشكل (4-30) والجدول (4-24) حسابات الطاقة المائية من المحطات الإذخارية في المواقع القريبة من سد برادون باستخدام علاقات الطاقة سابقة الذكر (الفصل الثالث) وفق مايلي:



الشكل (4-30) إجمالي الطاقة المائية للمحطات الإذخارية من سد برادون

الجدول (4-24) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد برادون

الاستطاعة الإجمالية المركبة (ميغاواط)		النسبة L/H	L (م)	الضغوط المائي (م)		الخران العلوي		الخران السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد			في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
121.1	98.8	12	900	76.4	72	2.4	id1	140	برادون
100.8	90.8	4.4	660	151	148	1	id2		
98.65	87.4	6.9	850	124	122	1.19	id3		
105.3	93.2	6.9	838	124	122	1.27	id4		
426	370						5.86		المجموع

2. حوض البسيط:

عبارة عن حوض تبلغ مساحته (137) كم<sup>2</sup> يحوي على مجاري مائية رئيسية وفرعية.

• معدل الهطول المطري الأكثر تكراراً على منطقة الحوض /850/ ملم سنوياً [40].

السدود في حوض البسيط:

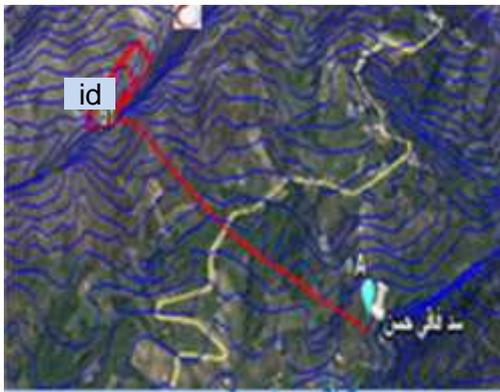
أ- السدود المستثمرة:

سد بيت القصير بحجم تخزين /0,3/ مليون متر مكعب.

ب- السدود ( قيد التنفيذ):

سد فاقى حسن بحجم تخزين /1,8/ مليون متر مكعب.

يتبين من الخرائط المائية والطبوغرافية لحوض البسيط إمكانية للاستفادة من سد فاقى حسن بمثابة إحدى خزانات هذه المحطات بحيث تكون بحيرة السد هي الخزان السفلي والموقع (id) هو الخزان العلوي.





الشكل (4-31) المواقع المتوقعة في سد فاقى حسن



الشكل (4-32) مقطع طولي في id1

باستخدام بحيرة السد كبحيرة سفلية وحسب طبوغرافية الموقع حول البحيرة تم اختيار موقع احداثياته حسب الجدول (4-25) وموضحة في الشكل (4-31).

الجدول (4-25) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد فاقى حسن

الاحداثيات		المواقع المقترحة
35°54'53.54'E	35°52'52.71'N	الموقع الاول id1

بناءً على معايير اختيار المواقع تم تقييم كل موقع على حده وكانت النتائج وفق الجدول (4-26).

الجدول (4-26) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد فاقى حسن

تقييم المواقع المختارة				
الموقع	المعايير			عامل الاختيار
	lg Km	L/H	H m	
id1	5	9.3	145	0.78

- حسابات الطاقة المائية :

يُظهر في الجدول (4-27) حسابات الطاقة المائية من المحطات الإذخارية في المواقع القريبة من سد فاقى حسن باستخدام علاقات الطاقة (الواردة في الفصل الثالث) وفق مايلي:

الجدول (4-27) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من فاقى حسن

الاستطاعة الإذخارية المركبة (ميغاواط)	النسبة L/H	L (م)	الضاغط المائي H (م)		الخرزان العلوي		الخرزان السفلي	
			في حالة الضخ	في حالة التوليد	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
			في حالة الضخ	في حالة التوليد				
95	9.3	1350	146.5	143	0.9	id1	1.8	فاقى حسن

3. حوض قنديل:

عبارة حوض تبلغ مساحته (127) كم<sup>2</sup> يحوي على مجاري مائية رئيسية وفرعية.

- يبلغ ارتفاع أعالي الحوض /300+ متر عن سطح البحر.
- متوسط معدل الهطول المطري الأكثر تكراراً على منطقة الحوض /800/ ملم [40].

يقسم الحوض إلى قسمين:

القسم الشمالي الشرقي (بلوران).

القسم الجنوبي (وادي قنديل).

والوديان الرئيسية في الحوض: وادي بلوران، وحوض وادي قنديل.

يتبين من الخرائط المائية والطبوغرافية لحوض قنديل إمكانية للاستفادة من سد بلوران بمثابة إحدى خزانات هذه المحطات بحيث تكون بحيرة السد هي الخزان المائي السفلي، والمواقع {id2، id1} هي الخزانات العلوية بحيث تؤمن الشروط اللازمة لتصميم مثل هذه المحطات.

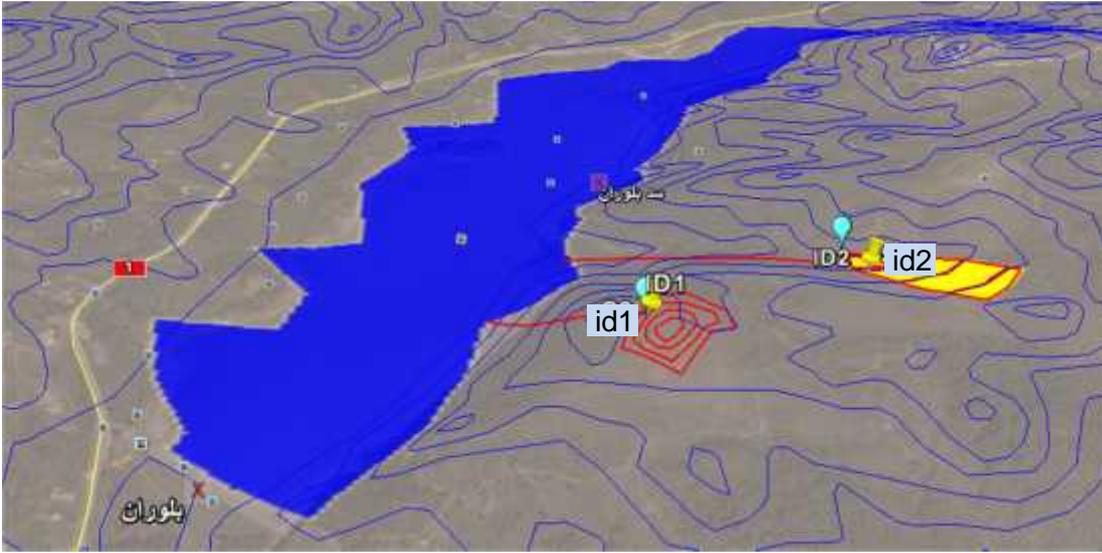
## سد بلوران:

وهو سد مخصص لأغراض الري.

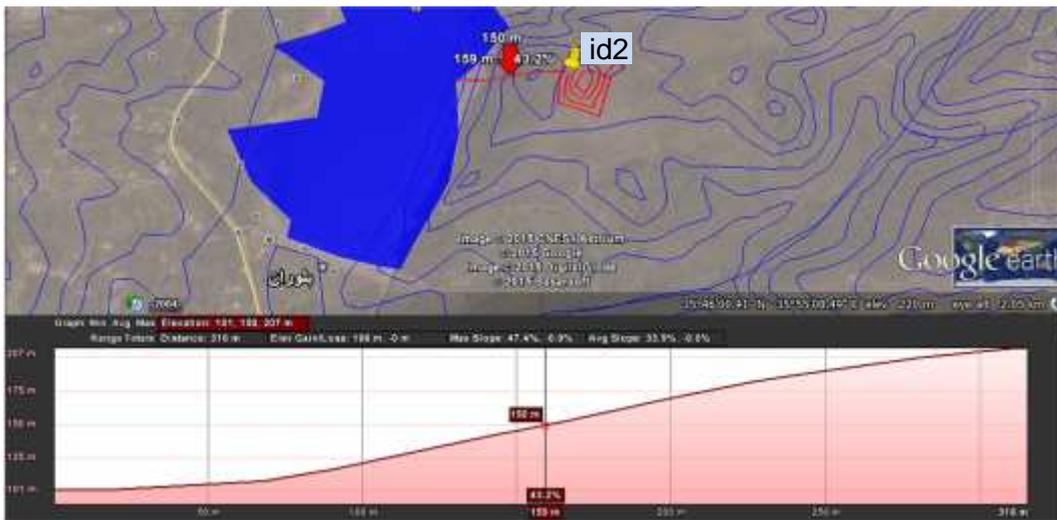
المواصفات الفنية لبحيرة سد بلوران:

الجدول (4-28) المواصفات الفنية لبحيرة سد بلوران [40]

منسوب الحجم (م)	منسوب التخزين الأعظمي (م)	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	الحجم الميت (مليون م <sup>3</sup> )	حجم التخزين الأعظمي (مليون م <sup>3</sup> )
117.5	142.5	1.125	0.5	15.5



الشكل (4-33) المواقع المتوقعة في سد بلوران



الشكل (4-34) مقطع طولي للموقع id2

باستخدام بحيرة السد كبحيرة سفلية وحسب طبوغرافية الموقع حول البحيرة تم اختيار موقعين احداثياتها حسب الجدول (4-29) وموضحة في الشكل (4-33).

الجدول (4-29) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد بلوران

الاحداثيات		المواقع المقترحة
35°54'53.21'E	35°46'6.61'N	الموقع الاول id1
35°54'36.74'E	35°46'0.81'N	الموقع الثاني id2

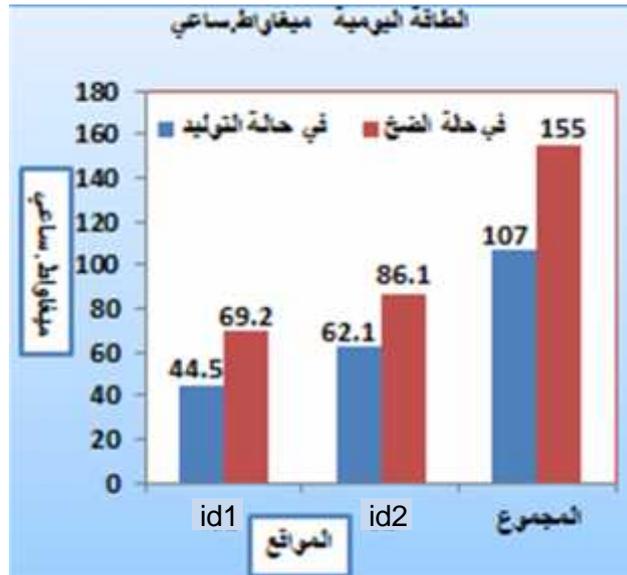
بناءً على معايير اختيار المواقع تم تقييم كل موقع على حده وكانت النتائج وفق الجدول (4-30).

الجدول (4-30) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد بلوران

تقييم المواقع المختارة				
عامل الاختيار	المعايير			الموقع
	lg Km	L/H	H m	
SSF				
0.54	6	11.1	51	id1
0.56	6.5	4.76	75	id2

- حسابات الطاقة المائية:

يُظهر الشكل (4-35) والجدول (4-31) حسابات الطاقة المائية من المحطات الإذخارية في المواقع القريبة من سد بلوران باستخدام علاقات الطاقة (الواردة في الفصل الثالث) وفق مايلي:



الشكل (4-35) إجمالي الطاقة المائية من المحطات الإذخارية من سد بلوران

الجدول (4-31) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد بلوران

الاستطاعة الإبحارية المركبة (ميغاواط)		النسبة L/H	L (م)	الضاغط المائي H(م)		الخران العلوي		الخران السفلي	
				في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
في حالة الضخ	في حالة التوليد	11.1	535	52	50	0.4	id1	15.5	بلوران
13.83	9.84	4.76	360	76.7	75	0.338	id2		
31.03	25.37					0.738	المجموع		

4. حوض الصنوبر:

- ♣ مساحة الحوض الصباب /266/ كم<sup>2</sup>.
- ♣ الميول شديدة وخاصة في منطقة الأعالي (سرعة الجريان كبيرة).
- ♣ معدل الهطول المطري الأكثر تكراراً على منطقة الحوض /1120/ ملم سنوياً [40].

السدود في حوض الصنوبر:

السدود المستثمرة:

سد الثورة بحجم تخزين /97,88/ مليون متر مكعب [40].

المواقع المتوقعة في الحوض:

يتبين من الخرائط المائية والطبوغرافية لحوض الصنوبر أنه من السدود التي يمكن الاستفادة منها هو سد الثورة بمثابة إحدى خزانات هذه المحطات بحيث تكون بحيرة السد هي الخزان المائي السفلي والمواقع {id2،id1} هي الخزانات العلوية بحيث يؤمن الشروط اللازمة لتصميم مثل هذه المحطات.

سد الثورة:

وهو سد مخصص لأغراض الري.

لمواصفات الفنية لبحيرة :

الجدول (4-32) المواصفات الفنية لبحيرة سد الثورة [40]

حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	الحجم الميت (مليون م <sup>3</sup> )	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	منسوب التخزين الاعظمي (م)	منسوب الحجم الميت (م)
97.88	9.2	3.65	159.25	117.45

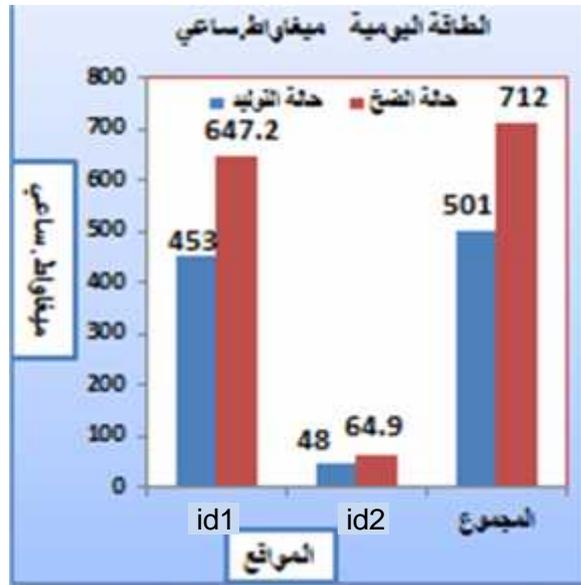


الجدول (4-34) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد الثورة

تقييم المواقع المختارة				
عامل الاختيار	المعايير			الموقع
	SSF	Lg Km	L/H H m	
0.52	8	17.8	98	id1
0.57	7	5.6	81	id2

- حسابات الطاقة المائية :

يُظهر في الشكل (4-38) والجدول (4-35) حسابات الطاقة المائية من المحطات الادخارية في المواقع القريبة من سد الثورة باستخدام علاقات الطاقة (الواردة في الفصل الثالث) وفق مايلي:



الشكل (4-38) اجمالي الطاقة المائية من المحطات الادخارية من سد الثورة

الجدول (4-35) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد الثورة

الاستطاعة الإداخارية المركبة (ميغاواط)		النسبة L/H	L (م)	الضاغط المائي H (م)		الخزان العلوي		الخزان السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد			في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
88	74.5	17.8	1750	101.9	97	1.3	id1	97.88	الثورة
43.8	38.92	5.6	450	82.5	79.4	0.8	id2		
131.8	113.4					2.1		المجموع	

## 5. حوض مرقية

وهو عبارة عن حوض يقع في محافظة طرطوس.

• مساحة الحوض (339.93) كم<sup>2</sup>.

المجري الرئيسية: نهر مرقية- نهر المورد- نهر القبلي- نهر تعينتا.

سدود الحوض:

السدود المستثمرة:

▪ سد الصوراني بحجم تخزين /4,5/ مليون متر مكعب [40].

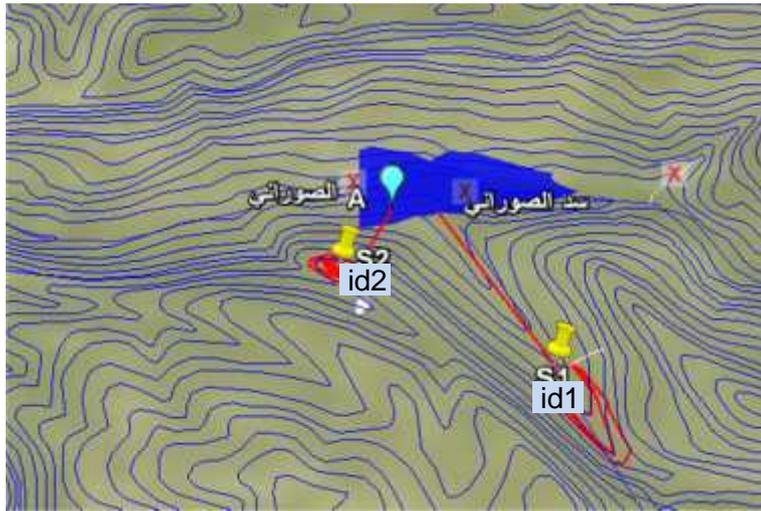
المواقع المتوقعة في الحوض :

يُتَّبع من الخرائط المائية والطبوغرافية لحوض مرقية أنّ السدود التي يمكن الاستفادة منها هو سد الصوراني بمثابة إحدى خزانات هذه المحطات بحيث تكون بحيرة السد هي الخزان المائي السفلي والمواقع هي {id2،id1} هي الخزانات المائية العلوية بحيث يؤمن الشروط اللازمة لتصميم مثل هذه المحطات.

المواصفات الفنية لبحيرة :

الجدول (4-36) المواصفات الفنية لبحيرة سد الصوراني [40]

حجم التخزين الأعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	الحجم الميت (مليون م <sup>3</sup> )	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	منسوب التخزين الأعظمي (م)
4.5	1.22	0.34	322



الشكل (4-39) المواقع المتوقعة في حوض الصوراني

الجدول (4-37) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد الصوراني

الاحداثيات		المواقع المقترحة
36° 7'22.00"E	35° 1'16.81"N	الموقع الاول id1
36° 6'48.46"E	35° 1'26.91"N	الموقع الثاني id2

باستخدام بحيرة السد كبحيرة سفلية وحسب طبوغرافية الموقع حول البحيرة تم اختيار موقعين احداثياتها حسب الجدول (4-37) وموضحة في الشكل (4-39).  
بناءً على معايير اختيار المواقع تم تقييم كل موقع على حده والنتائج مدرجة وفق الجدول (4-38).

الجدول (4-38) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد الصوراني

تقييم المواقع المختارة				
الموقع	المعايير			عامل الاختيار
	Lg Km	L/H	H m	
id1	7	5.48	148	0.78
id2	7.5	2.11	166	0.81

- حسابات الطاقة المائية:

يُظهر في الجدول (4-39) حسابات الطاقة المائية من المحطات الإيدارية في المواقع القريبة من سد الصوراني باستخدام علاقات الطاقة سابقة الذكر وفق مايلي:

الجدول (4-39) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد الصوراني

الاستطاعة الإيدارية المركبة (ميغاواط)		النسبة L/H	L (م)	الضاغط المائي H (م)		الخران العلوي		الخران السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد			في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
129.5	100.3	5.48	800	150	147	1.3	id1	4.5	الصوراني
12.9	12	2.11	350	167	165	0.117	id2		
142.4	112.3					1.417		المجموع	

6. حوض الكبير الجنوبي

- يقع الحوض الصباب لنهر الكبير الجنوبي في القسم الجنوبي من حوض الساحل .

المجاري المائية الرئيسية والفرعية : نهر العروس- نهر خليفة - نهر الكبير الجنوبي- راويل غربي - راويل شرقي - نهر أبو الورد.

سدود الحوض:

السدود المستثمرة:

يوجد ثلاث سدود بحجوم تخزينية /74.2/ مليون متر مكعب [40] وهم:

- سد خليفة بحجم تخزين /3/ مليون متر مكعب.
- سد تل حوش بحجم تخزين /52/ مليون متر مكعب.
- سد المزينة بحجم تخزين /19.2/ مليون متر مكعب .

السدود قيد التنفيذ:

- لا يوجد.

المواقع المتوقعة في حوض الكبير الجنوبي:

يتبين من الخرائط المائية والطبوغرافية لحوض الكبير الجنوبي إمكانية للاستفادة من سدي المزينة وتل حوش بحيث تكون بحيرات السدود هي الخزانات المائية السفلية والمواقع (id) هي الخزانات المائية العلوية.

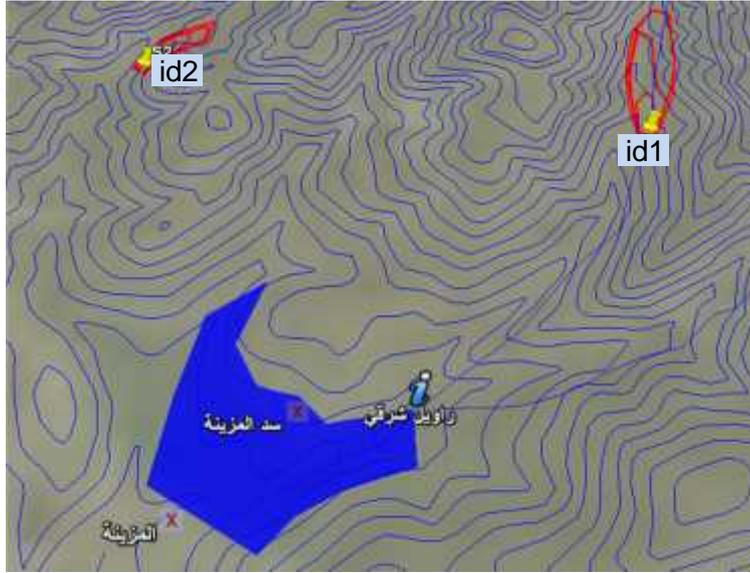
أ. سد المزينة:

المواصفات الفنية لبحيرة سد المزينة:

الجدول (4-40) المواصفات الفنية لبحيرة سد المزينة [40]

حجم التخزين الأعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	الحجم الميت (مليون م <sup>3</sup> )	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب الحجم الميت (م)
19.2	1.2	0.93	408.75	372.5





الشكل (4-40) المواقع المتوقعة في سد المزينة

باستخدام بحيرة السد كبحيرة سفلية وحسب طبوغرافية الموقع حول البحيرة تم اختيار موقعين احداثياتها حسب الجدول (4-41) وموضحة في الشكل (4-40).

الجدول (4-41) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد المزينة

الاحداثيات		المواقع المقترحة
36°21'42.48"E	34°47'32.79"N	الموقع الاول id1
36°20'10.85"E	34°47'38.07"N	الموقع الثاني id2

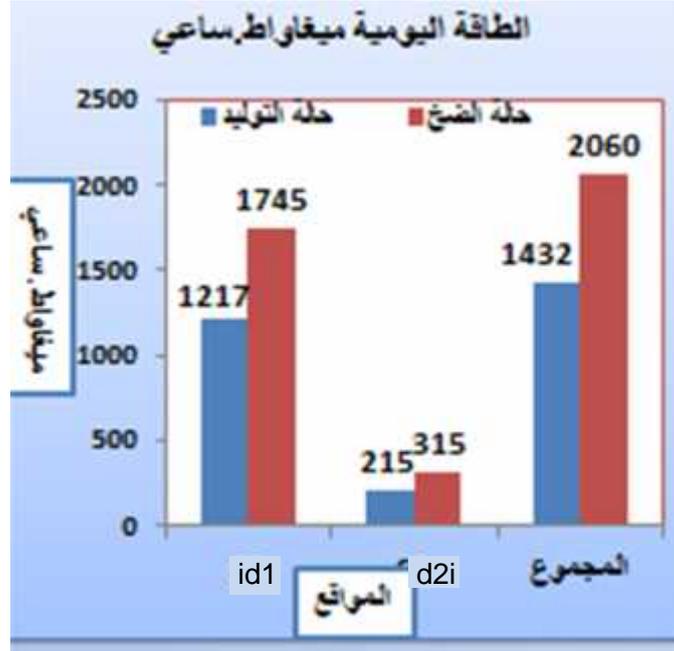
بناءً على معايير اختيار المواقع تم تقييم كل موقع على حده والنتائج مدرجة وفق الجدول (4-42).

الجدول (4-42) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد المزينة

تقييم المواقع المختارة				
عامل الاختيار	المعايير			الموقع
	Lg Km	L/H	H m	
SSF	8	12.7	176	id1
0.76	6	16.8	110	id2

- حسابات الطاقة المائية :

يُظهر في الشكل (4-41) والجدول (4-43) حسابات الطاقة المائية من المحطات الإذخارية في المواقع القريبة من سد المزينة باستخدام علاقات الطاقة سابقة الذكر (الفصل الثالث) وفق مايلي:



الشكل (4-41) إجمالي الطاقة المائية من المحطات الإيدارية من سد المزينة

الجدول (4-43) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من سد المزينة

الاستطاعة الإيدارية المركبة (ميغاواط)		النسبة L/H	L (م)	الضاغط المائي H (م)		الخران العلوي		الخران السفلي	
حالة الضخ	حالة التوليد			في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
349	304.3	12.7	2200	178	175	2.95	id1	19.2	المزينة
62.9	53.7	16.8	1800	111.4	109.3	0.85	id2		
411.9	358					3.8		المجموع	

ب. سد تل حوش :

هو سد مخصص لأغراض الري.

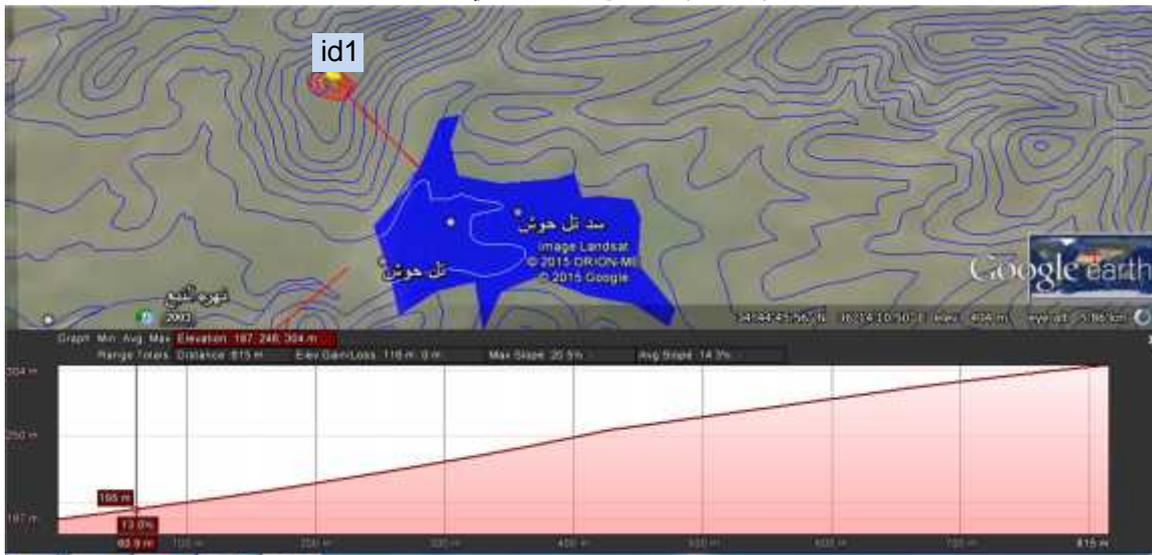
المواصفات الفنية لبحيرة سد تل حوش:

الجدول (4-44) المواصفات الفنية لبحيرة سد تل حوش [40]

منسوب التخزين الأعظمي (م)	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	الحجم الميت (مليون م <sup>3</sup> )	حجم التخزين الأعظمي (مليون م <sup>3</sup> )
408.75	3	2.08	52



الشكل (4-42) المواقع المتوقعة في سد تل حوش



الشكل (4-43) مقطع طولي للموقع id1

باستخدام بحيرة السد كبحيرة سفلية وحسب طبوغرافية الموقع حول البحيرة تم اختيار موقع احداثيته حسب الجدول (4-45) وموضحة في الشكل (4-42).

الجدول (4-45) احداثيات المواقع المتوقعة القريبة من سد تل حوش

الاحداثيات		المواقع المقترحة
36°11'32.08"E	34°44'51.49"N	الموقع الاول id1

بناءً على معايير اختيار المواقع تم تقييم كل موقع على حده وكانت النتائج مدرجة وفق الجدول (4-46).

الجدول (4-46) تقييم المواقع المتوقعة القريبة من سد تل حوش

تقييم المواقع المختارة				
عامل الاختيار	المعايير			الموقع
	SSF	lg Km	L/H	
0.81	4	7.63	110	id1

- حسابات الطاقة المائية :

يُظهر في الجدول (4-47) حسابات الطاقة المائية من المحطات الإذخارية في المواقع القريبة من سد تل حوش باستخدام علاقات الطاقة (الواردة في الفصل الثالث) وفق مايلي:

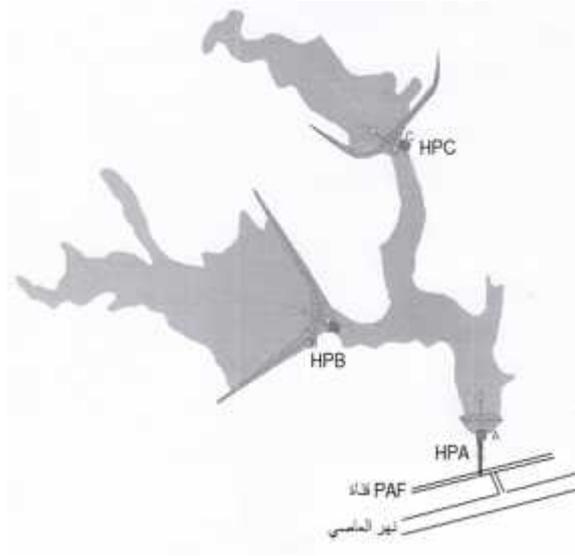
الجدول (4-47) حسابات الطاقة المائية للمواقع المقترحة القريبة من تل حوش

الاستطاعة الإذخارية المركبة (ميغاواط)		الطاقة اليومية (ميغاواط.ساعي)		النسبة L/H	L (م)	الضغوط المائي H (م)		الجزان العلوي		الجزان السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد	في حالة الضخ	في حالة التوليد			في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
21.7	19.7	109	79	7.63	840	112	109	0.3	id1	52	تل حوش

ج-حوض العاصي:

كمثال عن استثمار إمكانيات إنشاء المحطات الإذخارية في حوض العاصي تم اختيار نموذج عملي وهو مجمع سدود أفاميا الذي يقع في المنطقة الوسطى وتحديداً في محافظة حماة. مجمع

سدود أفاميا يتألف من ثلاثة سدود A،B،C كما هو موضح في الشكل (54) والتي تملأ من كانون الأول وحتى منتصف أيار. المياه يتم ضخها من المجرى القديم لنهر العاصي إلى القناة PAF ومنها يتم عن طريق محطة الضخ PSA ضخ المياه إلى بحيرة السد A. بعد ذلك تملأ محطات الضخ PSB و PSC بحيرات السدود B،C على التوالي.



الشكل (4-44) المواقع المتوقعة في سدود أفاميا [40]

- حسابات الطاقة المائية:

يُظهر في الشكل (4-45) والجدول (4-48) حسابات الطاقة المائية من المحطات الإذخارية في مجمع أفاميا باستخدام علاقات الطاقة (الواردة في الفصل الثالث) وفق مايلي:



الشكل (4-45) إجمالي الطاقة المائية من المحطات الإذخارية في مجمع أفاميا

الجدول (4-48) حسابات الطاقة المائية للمحطات الإذخارية في مجمع أفاميا

الاستطاعة الإذخارية المركبة (ميغاواط)		Lg (كم)	L (م)	الضغوط المائي H (م)		الخران العلوي		الخران السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد			في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م3)	di	حجم التخزين الإعظمي (مليون م3)	السد
5.38	3.72	0.6	200	41	38	0.18	أفاميا B	37	A أفاميا
5.38	3.72	0.7	200	41	38	0.18	أفاميا C	37	A أفاميا

د- حوض اليرموك:

يمكن استثمار بعض السدود المنفذة لإنشاء محطات إذخارية فيها وخصوصاً بعض السدود الواقعة على وادي الرقاد ونذكر منها (المنطرة وروحية، وكودنة وبريقة) وذلك لتوفر الوارد المائي في السدود وتوفر الظروف الطبوغرافية الملائمة وقرب السدود من بعضها.

المواقع المتوقعة:

. بين رويحية :

كمثال عن استثمار إمكانات إنشاء المحطات الإذخارية في حوض اليرموك تم اختيار بحيرة سد المنطرة بمثابة إحدى خزانات هذه المحطات بحيث تكون بحيرة السد هي الخزان المائي العلوي وبحيرة سد رويحية هي البحيرة السفلية بحيث يؤمن الشروط اللازمة لتصميم مثل هذه المحطات بالإضافة إلى توفر الوارد المائي على مدار السنة والشروط الطبوغرافية المناسبة. المواصفات الفنية لبحيرة سد المنطرة:

الجدول (4-49) المواصفات الفنية لبحيرة سد المنطرة [40]

حجم التخزين الأعظمي (مليون م3)	الحجم الميت (مليون م3)	مساحتها (كم2)	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب الحجم الميت (م)
40.2	2.5	3.76	898	882.5

المواصفات الفنية لبحيرة سد رويحية:

الجدول (4-50) المواصفات الفنية لبحيرة سد رويحية [40]

حجم التخزين الأعظمي (مليون م3)	الحجم الميت (مليون م3)	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب الحجم الميت (م)
1.03	0.085	874	863



الشكل (4-46) الربط بين سدي المنطرة ورويحينة

- حسابات الطاقة المائية:

يُظهر في الجدول (4-51) حسابات الطاقة المائية من المحطة الإذخارية باستخدام علاقة الطاقة

سابقة الذكر وفق مايلي:

اجمالي الطاقة اليومية:

**المنتجة** 27 ميغاواط .ساعي

**المستهلكة** 38 ميغاواط. ساعي

الجدول (4-51) حسابات الطاقة المائية للمحطات الإذخارية في المنطرة- رويحينة

الاستطاعة الإذخارية المركبة (ميغاواط)		الضاغط المائي H (م)		الخزان العلوي		الخزان السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد	في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
7.6	6.75	23	21.6	0.5	رويحينة	40.2	المنطرة

. بين كودنة وبريقة:

ثم اختيار بحيرة سد بريقة بحيث تكون البحيرة العلوية وبحيرة سد كودنة هي البحيرة السفلية وذلك

لتوفر الوارد المائي على مدار السنة والشروط الطبوغرافية المناسبة.

المواصفات الفنية لبحيرة سد كودنة:

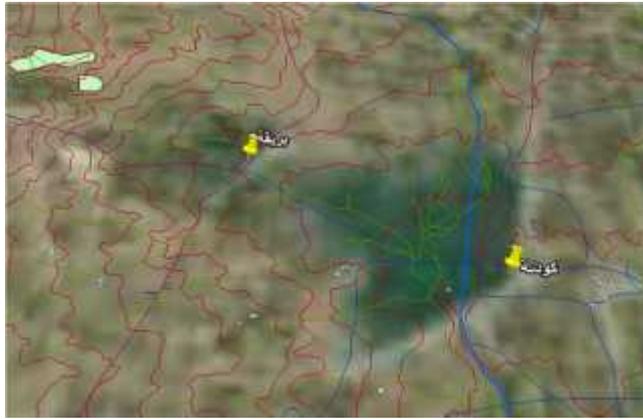
الجدول (4-52) المواصفات الفنية لبحيرة [40]

حجم التخزين الأعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	الحجم الميت 3 مليون م <sup>3</sup>	مساحتها (كم <sup>2</sup> )	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب الحجم الميت (م)
30	4	3.18	765.5	743.5

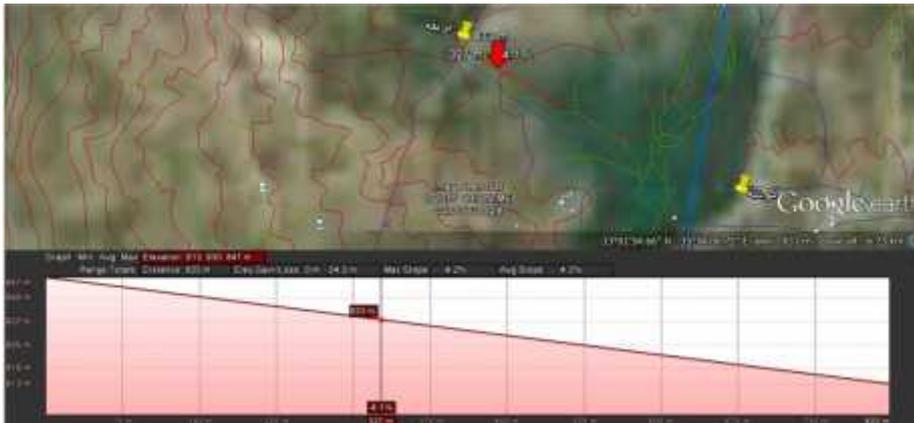
المواصفات الفنية لبحيرة سد بريقة:

الجدول (4-53) المواصفات الفنية لبحيرة بريقة [40]

حجم التخزين الأعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	الحجم الميت (3 مليون م <sup>3</sup> )	منسوب التخزين الأعظمي (م)	منسوب الحجم الميت (م)
1.1	0.2	780	765.3



الشكل (4-47) الربط بين سدي كودنة وبريقة



الشكل (4-48) مقطع طولي لخط الوصل بين سدي كودنة وبريقة

- حسابات الطاقة المائية :

يُظهر في الجدول (4-54) حسابات الطاقة المائية من المحطة الإذخارية باستخدام علاقات الطاقة

سابقة الذكر وفق مايلي:

## إجمالي الطاقة اليومية:

المنتجة : /15/ ميغاواط .ساعي

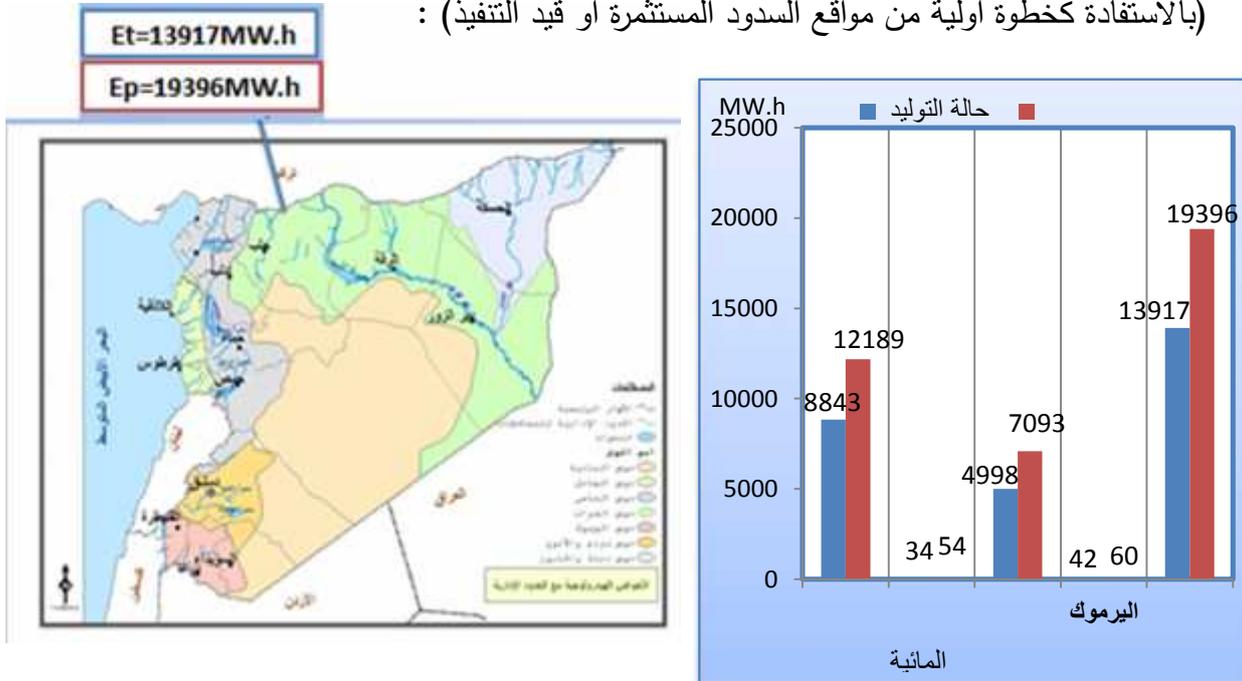
المستهلكة: /21.9/ ميغاواط. ساعي

الجدول (4-54) حسابات الطاقة المائية للمحطات الإذخارية في كودنة- بريفة

الاستطاعة الإذخارية المركبة (ميغاواط)		الضاغط المائي H (م)		الخران العلوي		الخران السفلي	
في حالة الضخ	في حالة التوليد	في حالة الضخ	في حالة التوليد	الحجم المائي المنقول (مليون م <sup>3</sup> )	id	حجم التخزين الاعظمي (مليون م <sup>3</sup> )	السد
4.34	3.67	13.2	10.8	0.5	بريفة	30	كودنة

5.4 الطاقة المائية الكامنة من المحطات الإذخارية في سورية:

يُظهر في الشكل (4-49) إجمالي الطاقة المائية الكامنة اليومية (Theoretical potential) من المحطات الإذخارية PSP المقترحة في الأحواض المائية في سورية وذلك بعد تحديد المواقع الممكنة (بالاستفادة كخطوة أولية من مواقع السدود المستثمرة أو قيد التنفيذ) :



الشكل (4-49) إجمالي الطاقة المائية الكامنة اليومية من المحطات الإذخارية في سورية

## الفصل الخامس

عمل المحطات الإذخارية في

منظومة الطاقة الكهربائية

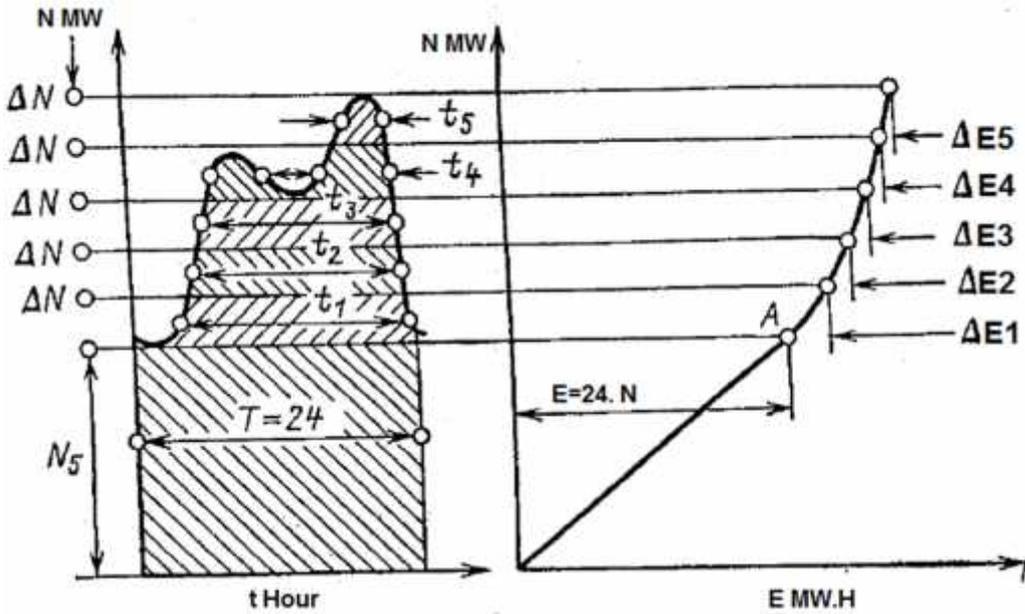
## 1.5 المنحني التحليلي لمخطط الحمل اليومي في نظام الطاقة الكهربائي العام:

تتم حسابات تنظيم الجريان اليومي باستخدام المنحني التحليلي لمخطط الحمل اليومي لنظام الطاقة الكهربائية العام، ولإجراء هذه الحسابات يتم استخدام المنحني التحليلي لهذا المخطط.

بحيث يتم رسم المنحني باستخدام بالعلاقة :

$$E = N.t$$

حيث تقسم الاسطاعة الكلية (على محور الاستطاعة) إلى أجزاء متساوية ومن محور الزمن نحسب  $t_i$  نحسب زمن استمرارية الأستطاعة  $N_i$  خلال اليوم ، وبتراكم هذه القيم يرسم المنحني التحليلي، الطاقة المستهلكة وفق مخطط الحمل هي عبارة عن المساحة المحصورة ما بين مخطط الحمل ومحور الزمن الافقي، لذلك يلاحظ في منطقة القاعدة من مخطط الحمل اليومي  $E$  ب  $t$  خطية ( $t_i = 24\text{hours}$ ،  $N_i = \text{const}$ ) يمثلها مستقيم، أما نصف الذروة والذروة تصبح العلاقة غير خطية نظراً لتغير قيمة ( $t_i$ )، وبعد معرفة الطاقة التي يمكن أن تقدمها المحطة الكهرومائية خلال اليوم الواحد وفق مقياس الرسم تمثل القطعة  $E_{day}$  بقطعة مستقيمة توضع أفقياً في أي جزء من المنحني التحليلي وبالإسقاط على مخطط الحمل اليومي يمكن تحديد المساحة التي تغطيها المحطة الكهرومائية من هذا المخطط واستطاعة المحطة اللازمة [38].



الشكل (1-5) المنحني التحليلي لمخطط الحمل اليومي في نظام الطاقة الكهربائي [38]

**معامل الحمل اليومي:** هو نسبة وسطي الاستطاعة المنتجة في اليوم Nave منسوبة إلى استطاعة

$$L.F = Nave / Nmax \quad \text{الذروة اليومية (Nmax).}$$

حيث:

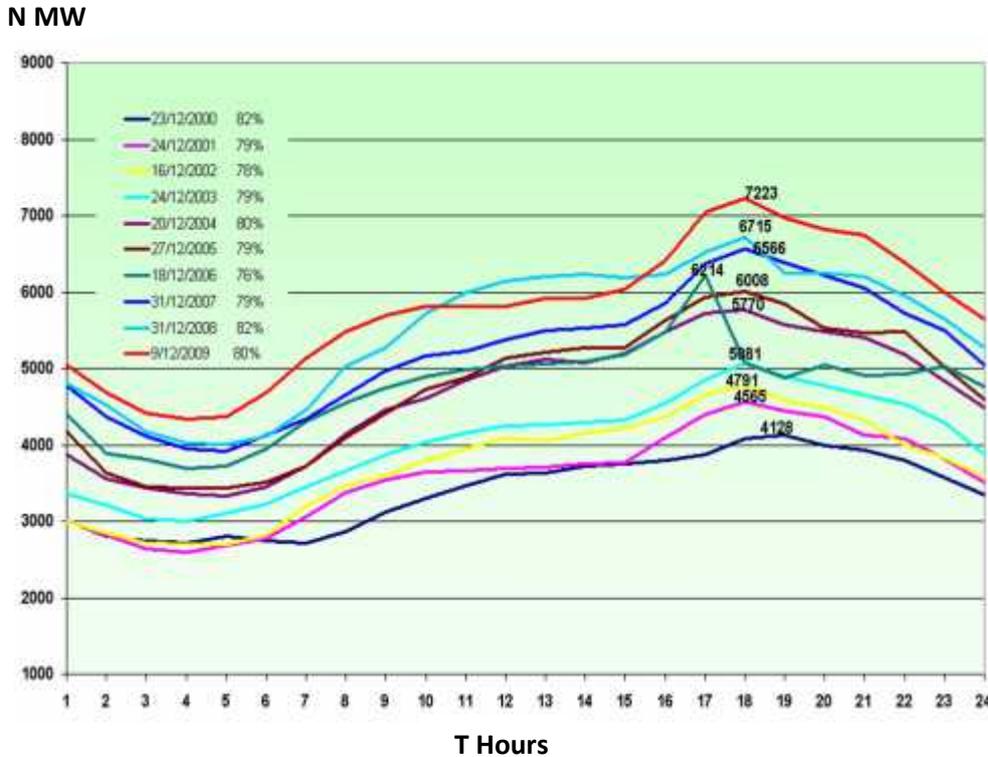
$$Nave = Eday / 24$$

هنالك معامل آخر (أوردته المراجع) يقارب في مدلوله معامل الحمل المذكور، ويذهب هذا المعامل إلى اعتبار نسبة حمولة الفجوة الليلية إلى الذروة المسائية (Nmin/Nmax) على أنه مؤشر لحسن استثمار المنظومة الكهربائية، بحيث كلما زادت نسبة حمولة الفجوة إلى حمولة الذروة كلما كان وضع عمل محطات التوليد أفضل واستهلاكها من الوقود أقل (المصرف النوعي من الوقود لإنتاج وحدة الطاقة). بحيث كلما زادت نسبة (Nmin/Nmax) واقترب معامل الحمل من الواحد كان أفضل ومؤشر لحسن استثمار المنظومة الكهربائية.

الجدول (1-5) يبين قيم معامل الحمل

1	1-0.9	0.9-0.8	0.8-0.7	0.7-0.6	0.6-0.5	0.5-0	قيم معامل الحمل
مثالي	ممتاز	جيد جداً	جيد	مقبول	سيء	سيء جداً	التقييم

منحني الحمل اليومي للاعوام (2009-2000) حسب وزارة الكهرباء السورية:

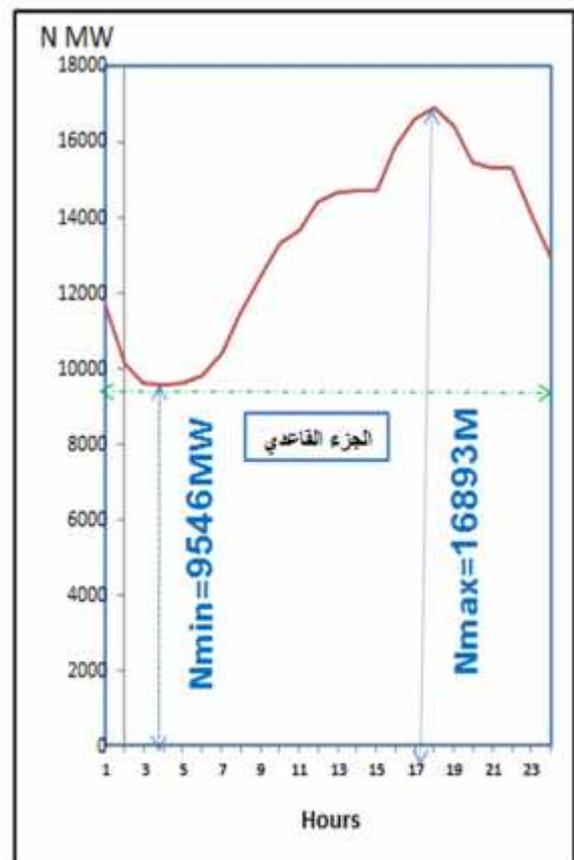
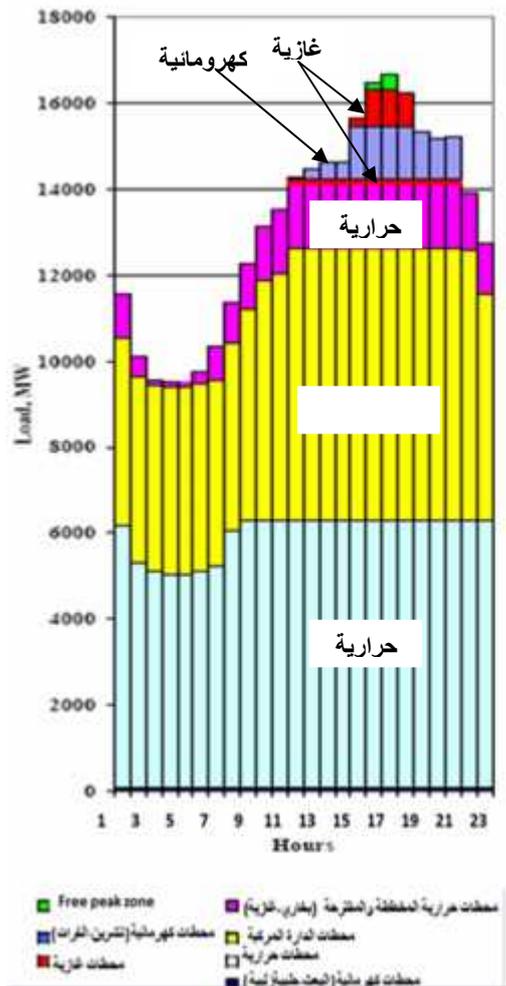


الشكل (2-5) منحني الحمل اليومي للاعوام (2009-2000) [41]

يُظهِر من تتبع منحنى الحمل اليومي للمنظومة الكهربائية السورية وعلى مدار سنوات عدة انخفاض معامل الحمل بشكل جلي. هذا الأمر واضح من خلال ملاحظة التفاوت بين الطلب على الحمل الكهربائي في أوقات الذروة العليا والذروة الدنيا (Nmin تقل بحوالي النصف عن Nmax).

منحنى الحمل اليومي المتوقع لعام (2020) حسب وزارة الكهرباء السورية:

تدرس مساهمة الطاقة المولدة من المحطات الإذخارية للمواقع المتوقعة في الأحواض المائية في تغطية جزء الذروة المتغير من منحنى الحمل اليومي للشبكة الكهربائية في سورية. تم اختيار المنحنى اليومي المتوقع لعام (2020) وذلك لأن إنشاء المحطات الإذخارية يحتاج إلى فترة زمنية مابين (3-5) سنوات.

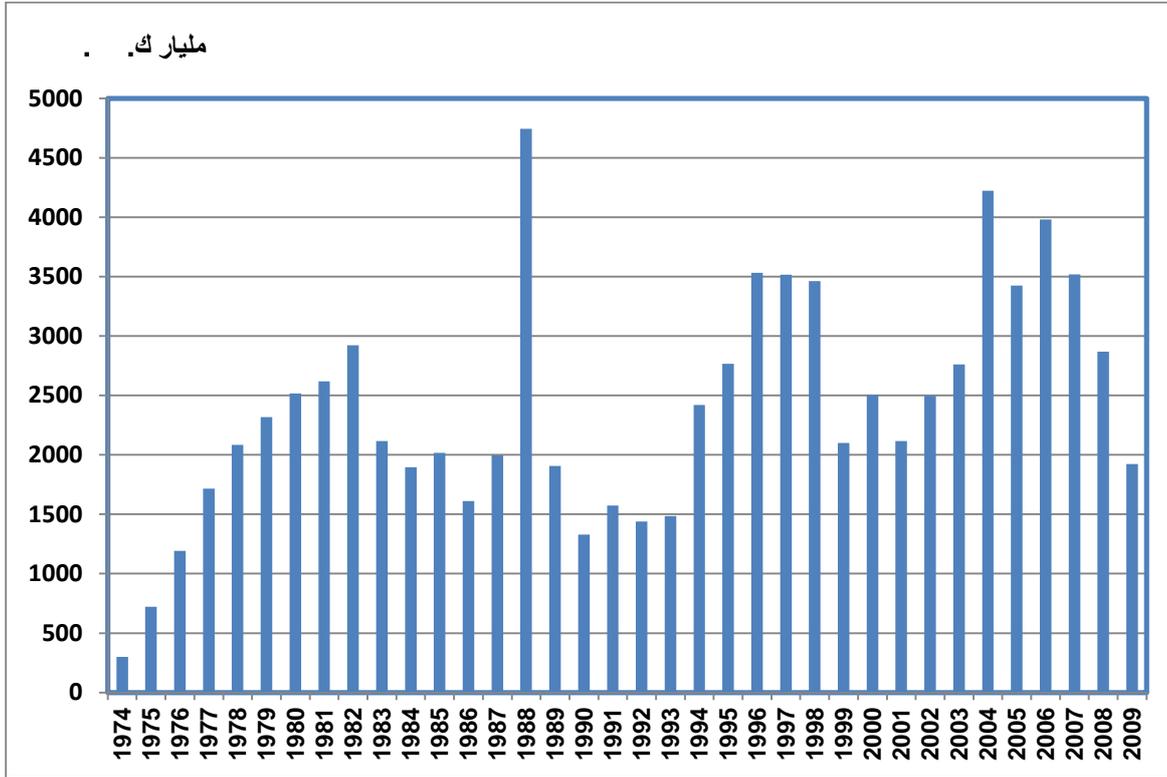


الشكل (3-5) منحنى الحمل اليومي المتوقع لعام 2020 حسب وزارة الكهرباء السورية [41]

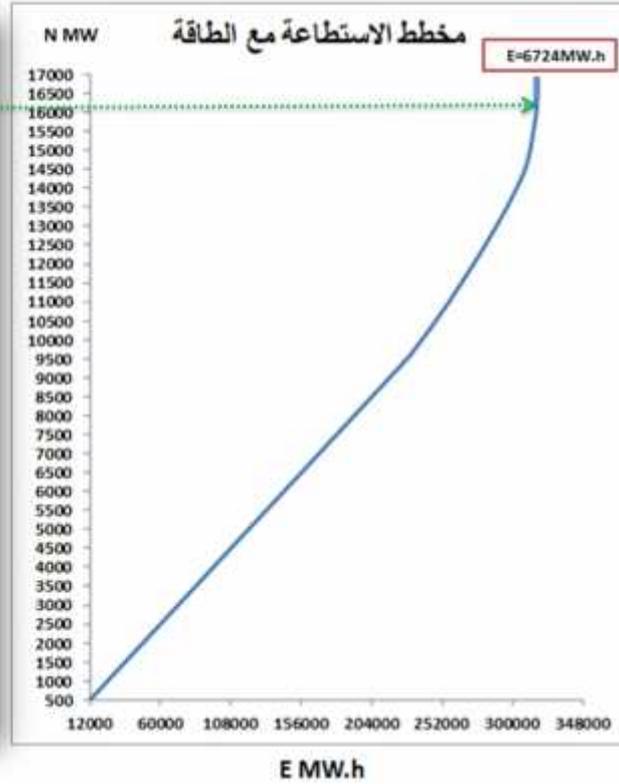
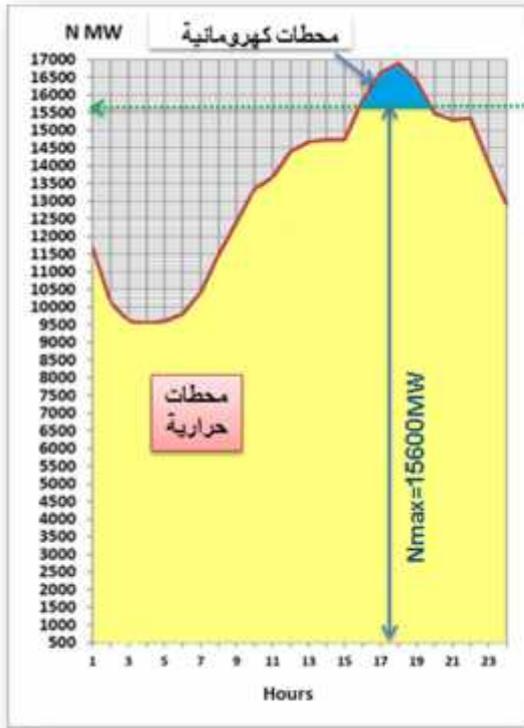
## 2.5 مساهمة المحطات الكهرومائية التقليدية (HPP) في مخطط الحمل اليومي:

تدرس مساهمة المحطات الكهرومائية من سدود الفرات الثلاثة وذلك بالاعتماد على سلسلة زمنية من البيانات لا تقل عن 35 سنة تبين فيها تغيرات الطاقة المُولدة على مدار السلسلة بحيث يتم إدراج مساهمتها بعد أخذ وسطي الطاقة المولدة (E) على طول المدة الزمنية، وتمثيلها وفق مقياس الرسم بشكل توضع كقطعة مسقيمة أفقية على المنحني التحليلي ابتداءً من نهاية المنحني. وبالإسقاط على مخطط الحمل اليومي يتم تحديد المساحة التي تغطيها المحطات الكهرومائية التقليدية [38].

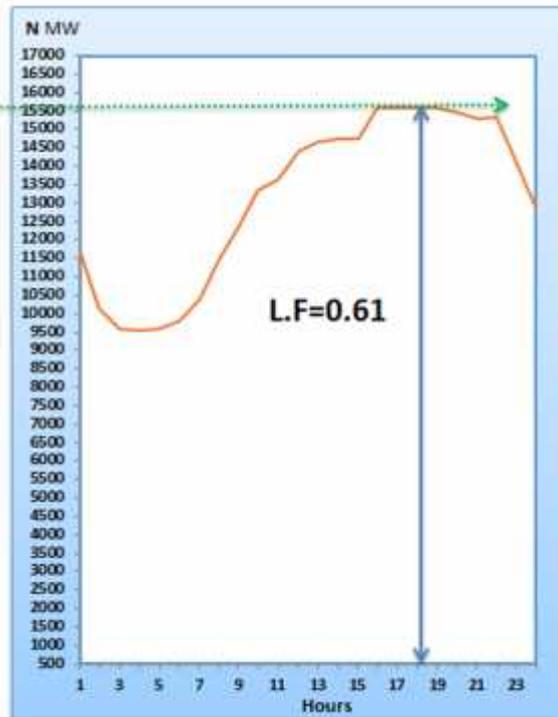
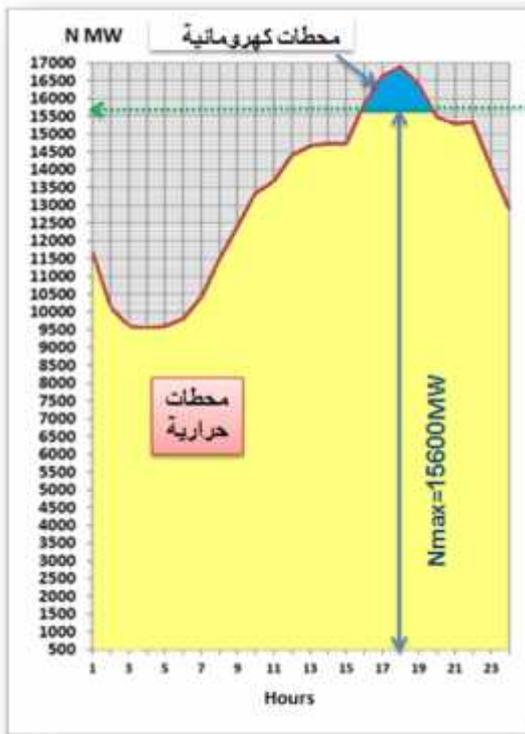
يُبين الشكل (4-5) تغيرات الطاقة المولدة من سدود الفرات الثلاثة والأشكال (5-5) و(6-5) مساهمة المحطات الكهرومائية التقليدية ونطاق عمل المحطات الحرارية.



الشكل (4-5) تغيرات الطاقة المولدة من سدود الفرات على مدار 35 سنة [40]



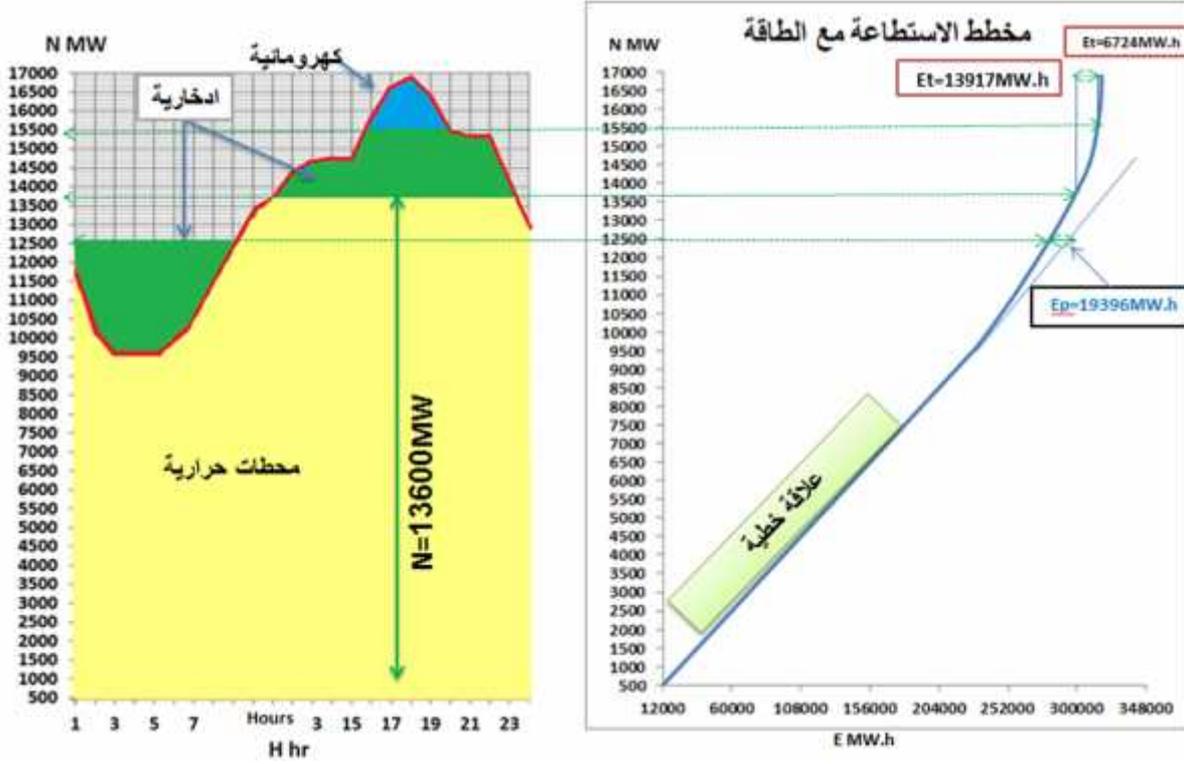
الشكل (5-5) مساهمة المحطات الكهرومائية التقليدية (HPP) في منحنى الحمل



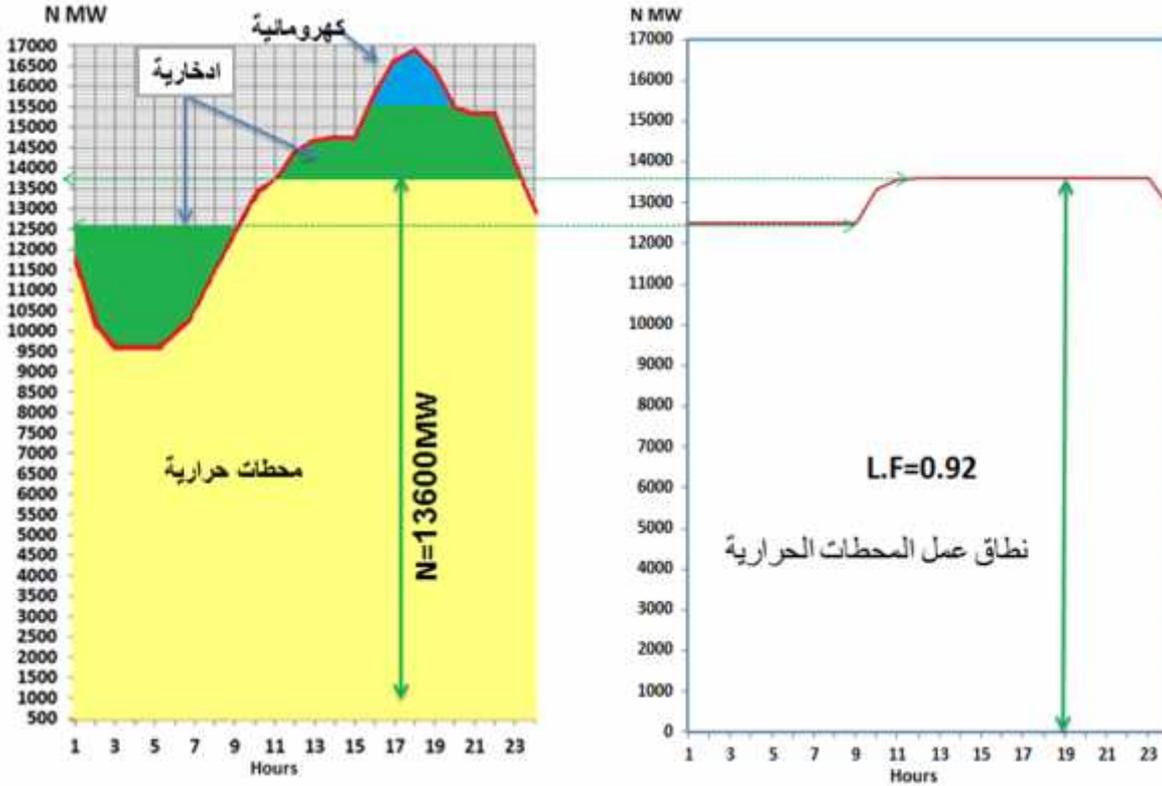
الشكل (5-6) نطاق عمل المحطات الحرارية في ظل (HPP) في منحنى الحمل

### 3.5 مساهمة المحطات الإذخارية (البديل الأول) :

بعد تمثيل مساهمة المحطات الكهرومائية التقليدية في مخطط الحمل اليومي يتم تحديد مساهمة المحطات الإذخارية في تغطية ذروة الحمل، وذلك بوضع الطاقة المحسوبة من المحطات الإذخارية كقطعة مستقيمة أفقية من نهاية المنحني التكاملي (بعد مشاركة المحطات التقليدية HPP) وسحبها على مخطط الحمل كما هو موضح في الشكل (5-7)، وتمثيل الطاقة المستهلكة في محطات (PPS) بقطعة مستقيمة (ET) المحسوبة بالعلاقة  $(E_T)$  وبالإسقاط على مخطط الحمل اليومي يتم تحديد المساحة التي تغطيها المحطات الإذخارية في حالة التوليد، أما في حالة الضخ يتم تمثيلها بعد معرفة قيمة الطاقة اللازمة لضخ المياه وإملاء الخزان العلوي يمكن استنتاج باقي المؤشرات للمحطة وذلك بحصر المثلثة بالقطعة AB الشكل (5-7) والتي طولها يساوي قيمة الطاقة  $E_P$  بين امتداد الجزء المستقيم (ابتداءً من النقطة C إلى النقطة B) من المخطط التحليلي والمنحني المسافة الأفقية. بالإسقاط الأفقي على منحني الحمل اليومي تتحدد قيمة الزيادة في الاستطاعة الواجب رفعها في المحطات الحرارية [38].



الشكل (5-7) مساهمة المحطات الإذخارية (PSP) البديل الأول



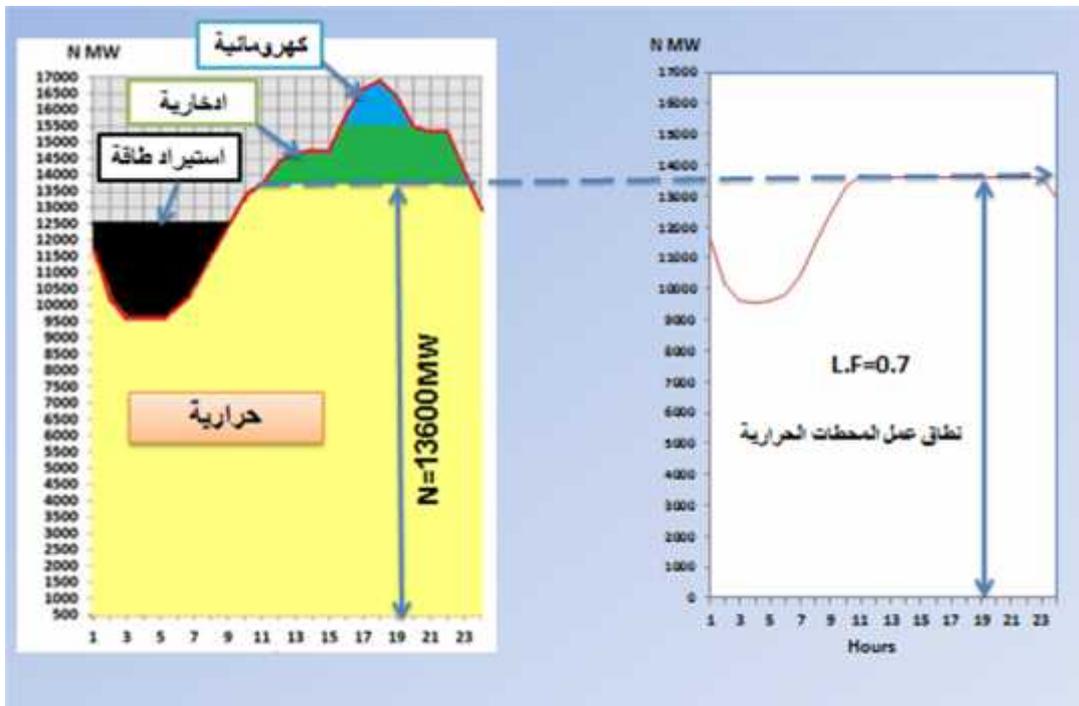
الشكل (5-8) نطاق عمل المحطات الحرارية في ظل مساهمة (PSP) البديل الأول

#### 4.5 مساهمة المحطات الإدخارية (البديل الثاني):

في حال عدم إمكانية رفع إنتاجية المحطات الحرارية في مخطط الحمل اليومي للبلاد وذلك لأسباب عديدة منها عدم وجود قدرة مادية أو لأسباب أخرى، تلجأ بعض الدول إلى استيراد الطاقة وقت الذروة الدنيا من دول الجوار في حال توفر ربط كهربائي بين دول الجوار، وهذا الأمر كان مطبقاً في سورية، ويوضح الشكل (5-9) شبكات الربط الكهربائي في سورية مع دول الجوار وخطوط النقل (400 ك.ف) القائمة وقيد التنفيذ وكبل البحري (400 ك.ف) بطول (13) كم وخطوط النقل (500 ك.ف) القائمة، وقد جلب الربط الكهربائي الحالي فوائد اقتصادية غاية في الأهمية، وقدم فوائد فنية تمثلت في استقرار منظومة الربط في حالات التشغيل الطبيعية والطارئة في سنوات منذ عام (2000 - 2010) م [41].



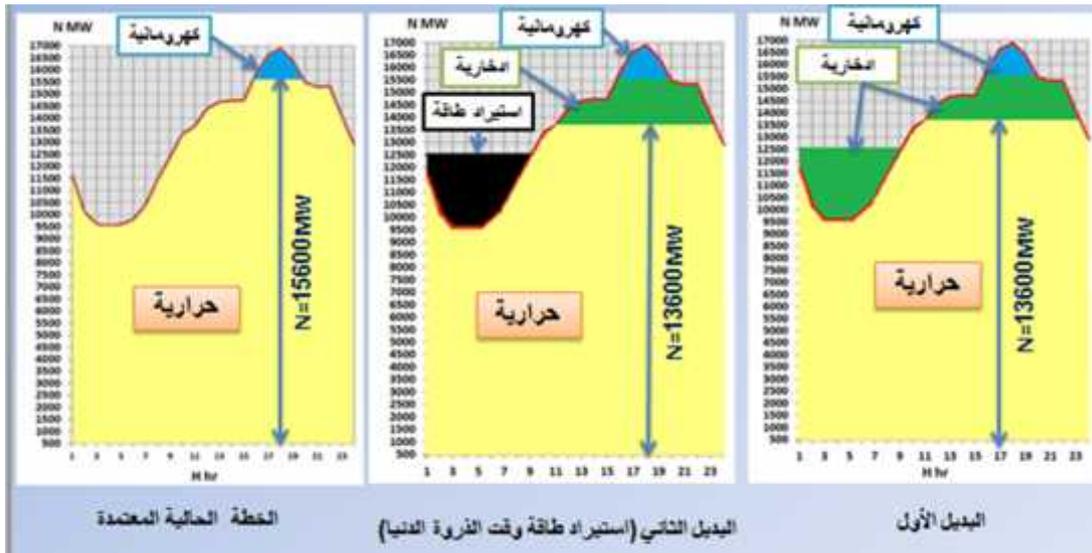
الشكل (5-9) شبكات الربط الكهربائي في سورية - المصدر وزارة الكهرباء [41]



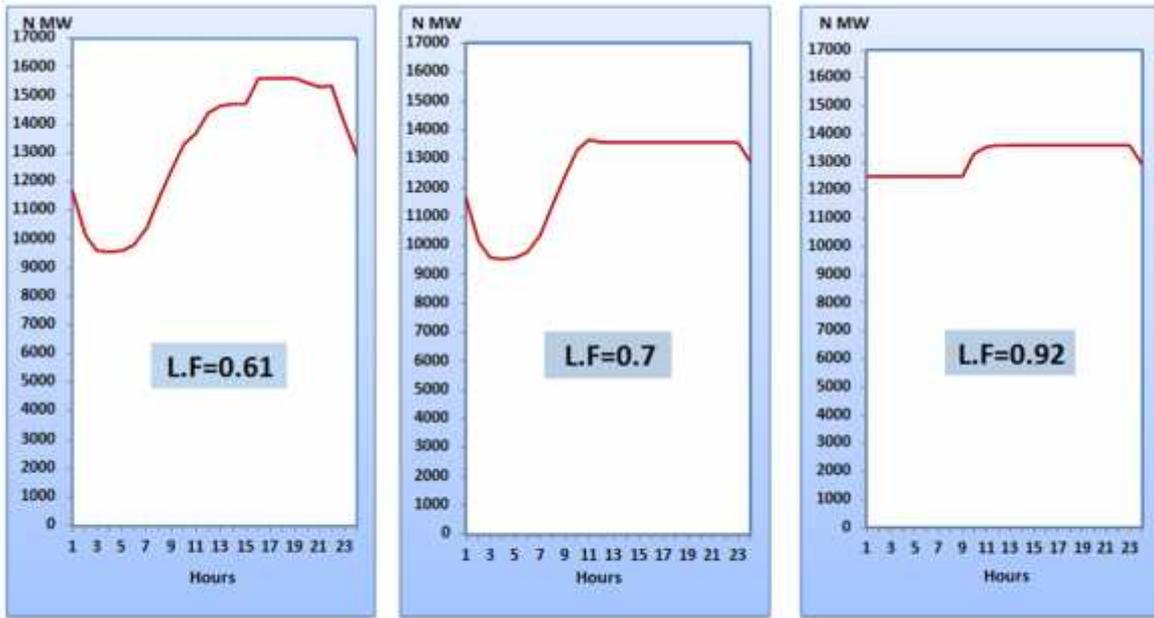
الشكل (5-10) نطاق عمل المحطات الحرارية في ظل مساهمة (PSP) البديل الثاني

## 5.5 دور المحطات الإدخارية في تحسين معامل الحمل اليومي:

بعد إدراج مساهمة المحطات الكهرومائية التقليدية والمحطات الإدخارية (البديل الأول والثاني) في مخطط الحمل اليومي تبين أنه بإدخال مساهمة المحطات الإدخارية ازدادت حصة المحطات الكهرومائية في مخطط الحمل، وبالتالي خفض عمل المحطات الحرارية وخاصة الغازية منها في تغطية جزء الذروة المتغير، وهذا له دور كبير في التخفيف من استهلاك الوقود النوعي (specific fuel consumption) للمحطات الحرارية أوقات الذروة (peak load) وبالتالي توفير في الوقود وكذلك يتيح على بقاء المحطات الحرارية في حال التشغيل المستمر وخصوصاً في فترات انخفاض الحمولة في الشبكة في فترات الليل واستغلال الطاقة الكهربائية المهدورة في الشبكة. نجد مما سبق إدخال مساهمة المحطات الإدخارية في المنظومة الكهربائية له فوائد متعددة أهمها: أنها تسهم في تحسين أداء المنظومة الكهربائية، وتنويع المصادر الأولية للطاقة، وتعمل على خفض تلوث البيئة، وذلك من خلال تنظيم عمل المحطات الحرارية وجعل عملها منتظم على مدار اليوم وهذا واضح في الشكل (5-11) وخصوصاً في البديل الأول والثاني بدلاً من التمايز الكبير في العمل كما هو واضح أيضاً في الشكل (5-11)، لكن يبقى البديل الأول هو الأفضل لأنه يحسن عمل المحطات الحرارية، ويزيد من قيمة معامل الحمل (Loadfactor) من القيمة (0.61) إلى (0.92) كما هو موضح في الشكل (5-12)، وكذلك يبقى البديل الثاني أفضل من الخطة المعتمدة لأنه يحسن عمل المحطات الحرارية، ويزيد من قيمة معامل الحمل كما هو موضح في الشكل (5-12) أيضاً فضلاً عن توفير الوقود (اقتصادية الوقود).



الشكل (5-11) المقارنة بين مساهمة المحطات الكهرومائية في منظومة الطاقة الكهربائية



الخطة الحالية المعتمدة

البديل الثاني (استيراد طاقة وقت الذروة الدنيا)

البديل الأول

الشكل (5-12) المخططات النهائية لعمل المحطات الحرارية في منظومة الطاقة الكهربائية

## 6.5 الفعالية الاقتصادية للمحطات الإذخارية:

لكل مسألة تقنية حلول هندسية متعددة، واختيار الأمثل بينها يتم بحساب ومقارنة الجدوى الاقتصادية للحلول المقترحة. تسمى هذه العملية بالحسابات الاقتصادية والطاقة. لحسابات الجدوى الاقتصادية مؤشرات تقيم الكفاءة الاقتصادية للنماذج المطروحة وتندقق مجموعة الأبعاد الهندسية والطاقة (كالاستطاعة المقررة والضغوط التصميمي وأبعاد المنشآت وغيره...) [40].

تعد طريقة مقارنة الفعالية الاقتصادية الأساس في حسابات الاقتصاد الطاقوي ولاعتماد المحطات الإذخارية (الكهرومائية التخزينية) (PSP) لا بد من مقارنتها بالبديل، الذي قد يكون محطة حرارية أو غازية (GES) أو بخارية، التي يكون لها فاعلية المحطات الإذخارية ذاتها من حيث إنتاجية الطاقة، مع زيادة استطاعة المحطات الحرارية (لهدف المقارنة) بنسبة (10-15%) وهذا لأسباب تتعلق بضرورة رفع مستوى الأمان واستهلاك الماء للتبريد ولأغراض أخرى في المحطات الحرارية. تتحدد فعالية المحطات الإذخارية باقتصادية الوقود في نظام الطاقة العام. بغض النظر عن دورها (المحطات الإذخارية) في إعادة توزيع (تشذيب) الطاقة الكهربائية مع الزمن. هذا التناقص سهل تفسيره عن مقارنتها بالمحطات الحرارية أو الغازية عندما تعمل المحطات الإذخارية في نظام الضخ تستهلك طاقة كهربائية المنتجة في الجزء القاعدي من مخطط الحمل حيث تعمل المحطات

الحرارية أو الذرية بانتظام وبمرود عالي واستهلاك للوقود بحدده الأدنى (حسب الدراسات تبين أن كل 1 كيلو واط ساعي في الجزء القاعدي يحتاج إلى قود 0.27- 0.3 kg) تعيد (المحطات الإذخارية) إنتاج الطاقة في الذروة العظمى لاستهلاك الطاقة حيث تغطيتها باستخدام المحطات البديلة (الحرارية أو الغازية) تتطلب (بسبب التغيير الحاد في الاستطاعة مع الزمن) مصروف للوقود بمعدل (0.5-0.52 kg/kw.h) [38].

بأخذ المرود العام للمحطات الإذخارية بعين الاعتبار يبقى الوفر بالوقود بحدود 0.1kg/kw.h.

تسبب النفقات السنوية في المحطات الإذخارية S

$$S = S_e + S_a + S_f \quad (1-5)$$

$$S = S_e + S_a + b * c * E_t / \quad (2-5)$$

$S_e$  - نفقات الاستثمار وتتضمن النفقات الإدارية والصيانة الدائمة، وتقدر حسب عدد المستخدمين

$$S_e = s_e * N \quad (3-5) \quad \text{في المحطة، وتحسب بالعلاقة:}$$

$s_e$  - نفقات الاستثمار النوعية [kW/\$] وتقدر حسب البلد [38].

$N$  - استطاعة المحطة [kW].

$S_a$  - تقطع المؤسسات سنوياً نسبة من الرأسمال التنفيذي نتيجة لاهتراء الآليات والمعدات التابعة

لهذه المؤسسة والمستخدم في التنفيذ ويمكن تقديرها باستخدام العلاقة:

$$S_a = P / 100 K \quad (4-5)$$

$P$  - معيار الهولك السنوي، بالنسبة للمحطات الكهرومائية تؤخذ قيمته (1.6%) [38].

$S_f$  - ثمن الوقود المصروف.

$b$  - الاستهلاك النوعي للوقود [kg/kW.h].

$c$  - ثمن الوقود المستهلك في توليد الطاقة، وتتعلق قيمته حسب نوع الوقود وحسب البلد [kg/\$].

$E$  - الطاقة المنتجة سنوياً [kW.h].

$E_T$  - الطاقة المنتجة سنوياً عندما تعمل المحطة في نظام توليد الطاقة [kW.h].

ثم تحسب بعدها كلفة الرأسمال والنفقات السنوية للمحطة الإذخارية وللبدل.

الحالة الأولى: فإذا كانت:

$$S_P < S_G \quad , \quad K_P < K_G \quad (5-5) \quad [38]$$

يعتبر حل إنشاء المحطة الإذخارية هو المفضل.

الحالة الثانية: إذا كانت:

$$[38] \quad S_P < S_G, \quad K_P > K_G \quad (6-5)$$

فتحسب الزيادة في الكلفة (  $K_P - K_G$  ) ، والفرق في النفقات السنوية (  $S_G - S_P$  ) وتحسب (  $T$  ) زمن تعويض الفارق في الكلفة للمحطة الإدخارية (استرجاع رأس المال) باستخدام العلاقة:

$$[38] \quad T = \frac{K_P - K_G}{S_G - S_P} \quad (7-5)$$

$T$  - زمن شراء (تعويض) الرأسمال الاستثماري [year].

أو يحسب معامل الفعالية الاقتصادية:

$$[38] \quad = \frac{1}{T} = \frac{S_G - S_P}{K_P - K_G} \quad (8-5)$$

تقبل المحطة الكهرومائية (الإدخارية) إذا تحققت الشروط:

$$\pi \quad \text{و} \quad T \quad T_{\pi} \quad (9-5)$$

حيث:

$T_{\pi}$  - المدة الزمنية المعيارية وتقدر قيمتها للمحطات الكهرومائية (8.34) year.

$\pi$  - معامل الفاعلية المعياري وتقدر قيمته للمحطات الكهرومائية (0.12).

في الظروف الطبيعية والاستثمارية الصعبة وحسب مستوى التطور التقني للبلاد (كما هو الحال

في بلادنا) يمكن السماح بزيادة القيم المعيارية السابقة حتى (  $T_{\pi} = 12$  ,  $\epsilon_{\pi} = 0.08$  ) [38].

كحالة دراسية تم إجراء مقارنة أولية للفعالية الاقتصادية بين محطة إدخارية (حلبية زلبيية) في

حوض الفرات مع محطة غازية:

المحطة الإدخارية:

- استطاعتها 886 [ميغاواط].
- انتاجيتها السنوية 1200×10 [كيلوواط ساعي].
- الكلفة التأسيسية النوعية 2150 [دولار/كيلوواط].

المحطة البديلة الغازية:

- استطاعتها 1019 [ميغاواط].
- انتاجيتها السنوية 1260 × 10 [كيلوواط ساعي].

■ الكلفة التأسيسية النوعية 917 [دولار/كيلوواط].

قدرت الكلفة التأسيسية النوعية للمحطات الإذخارية بناءً على دراسات شملت مشاريع مماثلة منفذة في روسيا (كمحطة زاغورسكي) وأوروبا وأمريكا ، أما قيمة se للمحطات الإذخارية فنظراً لغياب المعطيات عنها في مشاريعنا فقد قدرت بناءً على إحصاءات وتحليل هيئة الطاقة الأمريكية في تقريرها [2] بما يتناسب مع مواصفات مشروعنا بـ(15.3 kW/\$) .

الكلفة التأسيسية النوعية للمحطة البديلة قدرت بناءً على تقرير هيئة الطاقة الأمريكية [2] بحدود (917kW/\$)، أما الكلف الاستثمارية السنوية فقد قدرت بناءً على دراسة كلف المشاريع المنفذة في سورية ومنها محطات حلب، جندر، الناصرية، الزارة، ويزون لعام 2010 بـ (5.27 SYP/kW.h) أي ما يعادل (0.105 kW.h/\$) وتتضمن:

كلف صيانة دورية سنوية Scon، و kW.h/\$0.0084، و كلفة الوقود Sfd. kW.h/\$0.097

اعتمدت قيمة الدولار كعملة في الحسابات السابقة لسببين رئيسيين وهما :

- أن معظم المراجع والدراسات العالمية تعتمد قيمة الدولار في حساباتها.
- كما تعتبر قيمة الدولار نسبياً ثابتة مع الزمن.

وفق القيم المختارة سابقاً يمكن إنجاز الحسابات اللازمة والنتائج مدرجة في الجدول (2-5) أدناه.  
بناءً على نتائج الجدول (2-5):

الجدول (2-5) المقارنة الاقتصادية بين المحطة الإذخارية والمحطة البديلة (الغازية)

البديلة (غازية GES)	الإذخارية	المحطة	
	PSP		
1019000	886000	الاستطاعة N (kW)	
1260x10 <sup>6</sup>	1200x10 <sup>6</sup>	الطاقة السنوية E (kW.h)	
917	2150	الكلفة التأسيسية النوعية KN (\$/kW)	
934x10 <sup>6</sup>	1905x10 <sup>6</sup>	الكلفة التأسيسية الكلية K (\$)	
13.17	4.52	Se (\$/kW)	النفقات الاستثمارية النوعية السنوية
0.05	0.016	P معيار الهالك السنوي	
182x10 <sup>6</sup>	85x10 <sup>6</sup>	التكاليف التشغيل والصيانة السنوية \$ $S = S_e + S_a + S_j$	

الجدول (2-5) المقارنة الاقتصادية بين المحطة الإذخارية والمحطة البديلة (الغازية)

هل الشروط محققة؟	حسب النورم الروسي	الحسابي	
محققة	<12	9.98	زمن تعويض الفارق في الكلفة (استرجاع رأس المال) T years
محققة	>0.08	0.1	معامل الفعالية الاقتصادية

بناءً على نتائج الجدول حيث:

$$T=9.98 < T_n=12$$

$$=0.1 > n = 0.08$$

يمكن اعتبار أن اعتماد المحطات الإذخارية في دراستنا مبرر اقتصادياً.

## الفصل السادس

## نتائج وتوصيات

## 1.6 النتائج:

1- عدد المواقع التي يمكن استثمارها في الأحواض المائية هي /كحد أدنى 15 موقع/.

2- الطاقة الكلية اليومية المولدة من المواقع هي / 13,917 MW.h /.

3- الطاقة الكلية السنوية المولدة من المواقع هي / 3,702,449 MW.h /.

4- يمكن الاستفادة من المواقع في الأحواض المائية كما يلي :

أ- مواقع يمكن إدراجها الآن وهي سدود مستثمرة (تشرين مع الفرات -الفرات مع البعث - أفاميا A مع أفاميا B- أفاميا A مع أفاميا C- كودنة مع بريقة - المنطرة مع رويحينية ) وتقدر الطاقة المُولدة منها (2468) ميغاواط.ساعي يومياً ما يقابل استطاعة مركبة قدرها /617/ ميغاواط .

ب- مواقع تحتاج إلى إنشاء خزان مائي علوي ويمكن إدراجها بعد فترة وهي (16 تشرين - فاقى حسن- برادون- تل حوش- بلوران- الثورة - الصوراني- حلبية زليبية). وتقدر الطاقة المُولدة منها (11449) ميغاواط.ساعي يومياً ما يقابل استطاعة مركبة قدرها (2862.3) ميغاواط .

5- عمل المحطات في المواقع في المذكورة لا يؤثر على التوازن المائي لبحيرات السدود .

6- غياب المحطات الإذخارية من المنحني الحمل اليومي في سورية فقط (20 - 25)% من نطاق الذروة العظمى قد يُغطى بمحطات كهرومائية والجزء الباقي عن طريق المحطات الحرارية.

7- الوفر الاقتصادي العائد للدولة من استثمار المحطات الإذخارية في المنظومة الكهربائية العامة حيث يقدر الوفر كحد أدنى باقتصادية الوقود (وفر الوقود) الذي قدر في بحثنا هو / 370 / ألف طن وقود سنوياً .

الوفر السنوي= الطاقة المُولدة السنوية من المحطات الإذخارية× كلفة الكيلوواط الساعي في المحطات الغازية البديلة × الوفر النوعي لاستهلاك الوقود

$$\text{الوفر السنوي} = 0.1 \times C \times E = 0.1 \times 3702449000 \times 0.105$$

$$\text{الوفر السنوي} = 38.87 / \text{ مليون دولار سنوياً}$$

8- بوضع المحطات الإذخارية قيد الخدمة، فإنّ نطاق الذروة الكامل لمنحني الحمولة (يستمر حتى فترة 11 ساعات) سيغطي بشكل كامل عن طريق (HPP) الفرات، (HPP) تشرين ومحطات (PSP) العاملة بطريقة التوليد .

9- إدخال المحطات الإذخارية في المنظومة الكهربائية السورية يمكن أن:

\* يُعزز من وثوقية منظومة الربط الكهربائي لسرعة استجابتها.

\*\* \* يُوفر مبالغ يمكن أن تُدفع لدول الجوار لشراء الطاقة وفق مبدأ (spot market) الذي بدأت بعض دول الجوار تعمل به في حال عدم وجود إمكانية لرفع انتاجية المحطات الحرارية.

نجد مما سبق:

نتيجة لمقارنة البدائل المقترحة الواردة في الفصل الخامس يتضح أن إدراج المحطات الإذخارية ( سواء كان ذلك عن طريق البديل الأول أو الثاني) في منحني الحمل اليومي ضرورة ملحة وأولوية هامة خصوصاً إنّها تساهم في تنويع مصادر الطاقة الكهربائية، وتُخفف عمل المحطات الحرارية وقت الذروة، وهذه المحطات تُقدّم فرصة هامة في استغلال الطاقة المائية الكامنة، مما يتيح بزيادة مساهمة المحطات الكهرومائية في تغطية جزء الذروة المتغير. قد تبين في نهاية العمل الحالي بعد إجراء محاكاة تحليلية للجدوى الفنية والاقتصادية لاستخدام المحطات الإذخارية على مدى الربعية المتوقعة لرأس المال المستثمر في هذا المجال واقتصادية الوقود.

## 2.6 خطة عمل لإنشاء محطات إذخارية:

تتضوي هذه الخطة على تعاون وثيق بين جامعة دمشق كمؤسسة تعليمية والجهات الرسمية القائمة

ممثلة بوزارة الموارد المائية ووزارة الكهرباء. وتتألف من مرحلتين:

◆ المرحلة البحثية:

تتم في إطار جامعة دمشق ويتم من خلالها العمل على مجموعة كبيرة من الأبحاث الموجهة لتخدم إنشاء محطات إذخارية وذلك يتطلب:

■ مجموعة من الأبحاث في كلية الهندسة المدنية بدمشق تركز على استغلال الطاقة المائية في المواقع المختارة بحيث يتطلب ذلك إجراء دراسات تفصيلية اقتصادية وجيولوجية أكثر لتحديد الموقع الأمثل والاستفادة المثلى من الطاقة المائية الكامنة .

■ مجموعة من الأبحاث في المركز الوطني لبحوث الطاقة تركز على الاستفادة المثلى من الطاقات المتجددة ودمج عملها مع المحطات الإذخارية في المناطق التي يتوفر فيها الشروط المناسبة لا يمكن لهذه المرحلة أن تتم بدون تعاون كامل واهتمام شديد من قبل الجهات الرسمية التي تمتلك البيانات الضرورية لهذه الأبحاث والتي بإمكانها تقديم التسهيلات والمقترحات والتوجيهات لمجالات البحث وذلك يتطلب رفع مستوى التعاون بين إدارة جامعة دمشق والعديد من المؤسسات والوزارات.

#### ◆ المرحلة التنفيذية:

بالإتفاق بين الجهات الرسمية والجهات البحثية يتم وضع النقاط العامة التي يجب التقيد بها في المشروع المعتمد ثم يتم المباشرة في آليات التنفيذ المعتمدة لدى الجهات الحكومية. ويمكن في هذا الإطار تقسيم المشروع إلى عدد من الأجزاء مكانياً وعدد من المراحل الزمنية والاهتمام بمراقبة أعمال التنفيذ وجودتها .

### 3.6 المقترحات والتوصيات:

1. المحطات الإذخارية ليست ترفاً تكنولوجياً بل خيار استراتيجي لا بدّ منه خصوصاً إنّها مطبقة في العديد من دول العالم، وتقتصر الوقود في نظام الطاقة العام، وتعمل على تحسين معامل الحمل اليومي.
2. الإستفادة من كافة الطاقات المتجددة المتوفرة (خصوصاً المحطات الإذخارية) في البلاد لتغطية حمولات الذروة في مخطط الحمل اليومي، وذلك لتوفير كلف انتاج الكهرباء في ساعات الذروة العظمى.
3. الإستفادة من تجارب بعض الدول في أسعار مبيع الطاقة الكهربائية في فترة الذروة تساوي ثلاثة إلى أربعة أضعاف السعر في وقت الفجوة.
4. الخيار النهائي للموقع الأمثل من ضمن المواقع المقترحة يتطلب دراسات تفصيلية اقتصادية وجيولوجية أكثر .
5. التنسيق مع وزارة الكهرباء لضرورة تأمين طاقة كهربائية في الشبكة أوقات الاستهلاك الدنيا لعمل المحطات الإذخارية في أوقات الاستهلاك العظمى (أي رفع انتاجية المحطات الحرارية).

#### 4.6 مقترحات للأبحاث المقبلة:

يمكن لجامعة دمشق أن تؤدي دوراً هاماً في تكوين الأساس العلمي البحثي في مجال الاستفادة من الطاقة المائية الكامنة في الأحواض المائية في سورية، ويمكن تحقيق ذلك من خلال سلسلة ممنهجة من الأبحاث تستهدف أحواض مائية محددة (حوضي الفرات والساحل) ضمن إطار محدد لكل بحث ويمكن أن تنفذ هذه الأبحاث في إطار مجموعة من رسائل الدراسات العليا وأقترح التركيز على المواضيع التالية:

1. إجراء مقارنة اقتصادية تفصيلية لإحدى المواقع بين محطة إدارية ومحطة غازية تعملان في وقت الذروة.

2. دراسة الاستفادة من مياه البحر (كخزان سفلي) وربطها مع المواقع الممكنة في الشريط الساحلي لكن مع ضرورة تثمين أسعار مبيع الطاقة في فترة الذروة وذلك بسعر التكلفة الحقيقية حتى تكون فعالة اقتصادياً كما مطبقة في دول العالم.

3. دراسة تغيرات واردات نهر الفرات وتأثيره على مساهمة المحطات الكهرومائية التقليدية في تغطية منحنى الحمل اليومي.

4. دراسة إمكانية دمج عمل المحطات الإدارية مع الطاقات المتجددة (الشمسية والريحية) (wind-water pumped storage) في المواقع التي يتوفر فيها استغلال الطاقات المتجددة وخصوصاً أنّ المحطات الإدارية تمتاز بقدرتها على امتصاص تقلبات طاقة الرياح، وسطوع الشمس من خلال قيام العنفات الريحية والخلايا الشمسية بتعبئة الخزان العلوي للمحطة الإدارية.

## REFERENCES:

1. Finding the most suitable existing hydro power reservoirs for the of pumped storage schemes - Civil Engineering Department, Çankaya University, Eskisehir Yolu 29 km., 06810 Ankara, Turkey.
2. Andritz Hydro (2010): Recent Developments in Pump Turbines. Presentation at HydroVision 2010, accessed 18/03/2013, available at [http://tm-info.no/getfile.php/tm-info.no/Presentasjoner/TM12052011/06\\_Ole%20Johnny%20Winther%20Andritz.pdf](http://tm-info.no/getfile.php/tm-info.no/Presentasjoner/TM12052011/06_Ole%20Johnny%20Winther%20Andritz.pdf)
3. Council (Council of the European Union), 2012: Council conclusions on Renewable Energy. 3204th TRANSPORT, TELECOMMUNICATIONS and ENERGY Council meeting. Brussels, 3 December 2012. Consulted on 18/03/13. Available at [http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms\\_data/docs/pressdata/en/trans/133950.pdf](http://www.consilium.europa.eu/uedocs/cms_data/docs/pressdata/en/trans/133950.pdf)
4. Dameeffects – <http://www.dameeffects.org> Accessed 11.01.2013
5. Energy Storage Screening Study- For Integrating Variable Energy Resources within the PacifiCorp System.
6. DECC (UK Department of Energy & Climate Change, 2012): Electricity System: Assessment of Future Challenges – Summary. London. Available at: <http://www.decc.gov.uk/assets/decc/11/meeting-energy-demand/future-elec-network/6098-electricity-system-assessment-future-chall.pdf>
7. DIVA-GIS: <http://www.diva-gis.org/Data>
8. ESRI (Environmental Systems Research Institute): [www.esri.com](http://www.esri.com)
9. EdF (Electricité de France, 2011). Experience of EDF in the field of pumped-storage power plants. Presented at the conference Pumped storage Powerplants, Lyon, 23-24 November 2011.
10. Eurelectric (2011): Hydro in Europe: Powering renewables. Full report. [http://www.eurelectric.org/media/26690/hydro\\_report\\_final-2011-160-0011-01-e.pdf](http://www.eurelectric.org/media/26690/hydro_report_final-2011-160-0011-01-e.pdf)
11. EC (European Commission, 2007): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. An Energy policy for Europe (COM/2007/1 final). Available at [http://ec.europa.eu/energy/energy\\_policy/doc/01\\_energy\\_policy\\_for\\_europe\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/01_energy_policy_for_europe_en.pdf)
12. EC (European Commission, 2012): Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Renewable Energy: a major player in the European energy market (COM/2012/0271 final). Available at [134](http://eur-</a></li></ol></div><div data-bbox=)

lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52012DC0271:EN:NOT

13. Assessment of the Potential of Small- Pumped Hydro Energy Storage in the South East of France
14. EEA (European Environmental Agency, 2012) European 01.2013 Catchments and Rivers Network System (ECRINS) —. [online] Available at: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/european-catchments-and-rivers-network> [Accessed: 16 Apr 2013].
15. Vladimir Koritarov and Leah Guzowski  
Decision and Information Sciences, Argonne National Laboratory
16. European Council (2009): Presidency conclusions to the European Council of 29/30 October 2009. Available at
17. "Zagorsk Hydroelectric Pumped Storage Power Plant-2". SKMOST. Retrieved 4 April 2011.
18. European Free Trade Association (EFTA): <http://www.efta.int>  
Accessed: 04.02.2013
19. Eurostat, European office of statistics: <http://ec.europa.eu/eurostat>.  
Accessed 20.02.2013
20. EU (European Union, 2013): How the EU works. List of countries. Available at [http://europa.eu/about-eu/countries/index\\_en.htm](http://europa.eu/about-eu/countries/index_en.htm).  
Accessed 04.02.2013
21. Fitzgerald, N., Lacal Arántegui, R., McKeogh, E., and Leahy, P., 2012: A GIS-based model to calculate the potential for transforming conventional hydropower schemes and non-hydro reservoirs to pumped hydropower schemes, *Energy*, Volume 41, Issue 1, May 2012, Pages 483-490. Available at <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544212001399>
22. Pumped storage plant Goldisthal | J. Kahlert, U. Geiger | 22.09.2011
23. Harby, Atle (2013), Director, Centre for Environmental Design of Renewable Energy, SINTEF Energy Research, Norway. Personal communications.
24. IEA & IRENA, 2012: Energy supply technologies. Electricity Storage. Available at: <http://www.iea-etsap.org/web/Supply.asp>
25. JRC (Joint Research Centre) of the European Commission, 2011: Pumped-hydro energy storage: Potential for transformation from single dams. Lacal Arántegui, R., Fitzgerald, N., and Leahy, P. (2011). Joint Research Centre – Institute for Energy and Transport; Petten, The Netherlands. Available at <http://setis.ec.europa.eu/setis-deliverables/studies-and-reports/report-pumped-hydro-energy-storage-potential-transformation>
26. JRC (Joint Research Centre) of the European Commission, 2012: SETIS Expert workshop on the assessment of the potential of pumped

- hydropower storage. Lacal Arántegui, R., Tzimas, E., Bocin-Dumitriu, A., Zubyareva, A. (2012). Joint Research Centre – Institute for Energy and Transport; Petten, The Netherlands. Available at <http://setis.ec.europa.eu/setis-deliverables/setis-workshops-hearings/setis-expert-workshop-assessment-of-potential-of-pumped>
27. Martínez Campillo, R. (2010), Iberdrola Generación: El almacenamiento de energía en sistemas eléctricos de potencia: centrales hidroeléctricas reversibles. Presentation at the Universidad Pontificia de Comillas, 18/05/2010. Accessed 18/03/2013, available at <http://www.upcomillas.es/catedras/crm/descargas/2009-2010/seminario%2018.05.2010.pdf>
  28. Naturalearthdata.com (2013) 1:50m Cultural Vectors | Natural Earth. [online] Available at: <http://www.naturalearthdata.com/downloads/50m-cultural-vectors/> [Accessed: 16 Apr 2013].
  29. PLATTS (2006): European Transmission Lines. Vector digital data. Boulder, CO. Platts. Online\_Linkage: <http://www.gisdata.platts.com/>
  30. PLATTS (2012): Platts Power Plant Database, retrieved September 2012.
  31. Schmid, S. (2013). Hydroprojekt, Germany. Personal communication in the process of the review of this paper.
  32. UNESCO World Heritage Centre: <http://whc.unesco.org/en/list/>
  33. PUMPED STORAGE SCHEME – “A STERLING Udayan Banerjee Mukulesh Debnath Asstt. President (Design) HME & Strl Asstt. General Manager (Design) Strl & Hydro TEXMACO Ltd, Kolkata, India
  34. Institute for Electricity Economics and Energy Innovations
  35. <http://www.darvill.clara.net/altenerg/pumped.htm>
  36. <http://www.tva.gov/sites/raccoonmt.htm>
  37. <http://www.scotsrenewables.com/blog/distributionandstorage/pumped-storage-hydro-in-scotland>

38. الطاقة المائية.
39. الهيدرولوجيا – د.محمد هشام التجار.
40. منشورات وزارة الموارد المائية.
41. منشورات وزارة الكهرباء – د.خالد الحمصي.