الفصل السابع

الطاقة المائية

1-7 مقدمـــــة

2-7 مصادر الطاقة المائية
- الطاقة الكامنة
- القدرة والارتفاع وكمية الجريان

3-7 الموارد العالمية

4-7 القيمة الحالية للسعة والإنتاج العالمي

5-7 نبذة تاريخية مختصرة عن الطاقة المائية
- المحركات الرئيسية
- أنواع الدواليب المائية
- تقنيات القرن التاسع عشر

6-7 أنواع محطات الطاقة المائية
- الارتفاع الواطئ والمتوسط والعالي
- تأثير الارتفاع والضغط
- تخمين القدرة

7-7 بعض أنواع العَنَفات (التوربينات) المستخدمة
- عَنفة (توربين) فرانسيس
- الدافع أو العَنفة (التوربين) ذو الجريان المحوري
- العَنفات (التوربينات) ذات القوة الدافعة

8-7 السرع النوعية ومديات التطبيق

9-7 محطات الطاقة المائية القليلة السعة

10-7 تطور الطاقة المائية في العالم

11-7 الاعتبارات البيئية واستخدام مصادر الطاقة المائية
- التأثيرات الهيدرولوجية
- تأثيرات السدود
- التأثيرات الاجتماعية

12-7 الآفاق المستقبلية

13-7 المحطات التقليدية الكبيرة

14-7 المحطات الكهرومائية الصغيرة

1-7 مقدمـــــة

إن طاقة المصادر المائية ذات تقنية معروفة ومستخدمة منذ عقود طويلة . وكلفة إنتاج الطاقة الكهربائية من هذا المصدر منافسة جداً للكلفة من المصادر التقليدية . وتستخدم مصادر الطاقة المائية حالياً في أكثر من ثلاثين بلداً في العالم ، ويبلغ إنتاجها من الطاقة خمس الإنتاج العالمي الكلي من الطاقة الكهربائية . لقد تطورت تقنية هذا المصدر من دولاب خشبي يقوم بتحويل قسم قليل من طاقة المياه إلى طاقة ميكانيكية إلى توربين ومولد يدور بسرعة 1500 دورة في الدقيقة وينتج طاقة كهربائية بكفاءة تصل إلى حوالي 90% .

2-7 مصادر الطاقة المائية

إن الأشعة الشمسية الساقطة على المحيطات والبحار والتي تكّون ثلاثة أرباع الإشعاع الشمسي الكلي الواصل إلى سطح الأرض تقوم بتبخير الماء . وقسم من هذه الكمية الكبيرة من الطاقة المخزونة يسقط على الأرض مرة أخرى على شكل أمطار أو ثلوج فتسبب جريان الماء في الأنهار والجداول التي تصب بعد ذلك في البحار والمحيطات .

1-2-7 الطاقة الكامنة المخزونة

عند تواجد ماء (أو أي مادة أخرى) على ارتفاع معّين فإن ذلك يّمثل طاقة مخزونة . والطاقة اللازمة لرفع كيلوغرام واحد من المادة إلى ارتفاع مقداره متر واحد تساوي 10 جول . ويمكن تمثيل ذلك بالمعادلة التالية :

الطاقة الكامنة (PE) = mgh
m = الكتلة (كيلوغرام)
g = التسارع (التعجيل) الأرضي ويعادل $10ms^{-2} \approx 9.8ms^{-2}$
h = الارتفاع عن سطح الأرض (م)

ومن هذه المعادلة نستطيع أن نقدر الطاقة المطلقة العليا التي يمكن لهذا المصدر توفيرها إذا استغل بصورة كاملة . إن كمية ماء المطر التي تسقط تقدر بحوالي 10^{17} كيلو غرام سنوياً ، ومعدل ارتفاع مناطق الأرض هو 800 متر فوق مستوى سطح البحر . لذا فإن الطاقة السنوية الكلية التي نستطيع أن نولدها نظرياً من هذا المصدر هي $8 \text{ X } 10^{20}$ J أو

أكثر بقليل من TWh 200000 في السنة. وهذه الكمية تعادل ضعف الاستهلاك العالمي الحالي للطاقة .

2-2-7 القدرة والارتفاع وكمية الجريان

إن حساب القدرة في أي وقت له نفس أهمية تقدير الإنتاج الكلي السنوي . فالقدرة المتوفرة عند سقوط المياه هي معدل إنتاج الطاقة ووحداتها جول في الثانية ، وهذه تعتمد بصورة واضحة على كمية المياه المستخدمة لكل كيلوغرام من الثانية. وبصورة عامة يجب أن نأخذ في الاعتبار كمية الجريان (Q) مقاسه بالمتر المكعب في الثانية . وبما أن كل متر مكعب من الماء له كتلة(m) تساوي 1000 كيلوغرام فإن مقدار القدرة (p) بوحدة الوات ستكون :

$$P = mg\,h$$

$$\text{وات } (W) = Q\ 1000 \times 10 \times h$$

$$\text{وات } Qh\ 10000$$

$$\text{كيلو وات } (KW) = Qh\ 10$$

وعند الأخذ في الاعتبار خسائر الطاقة التي تحدث في أية منظومة حقيقية فإن الماء يفقد جزءاً من طاقته نتيجة للاحتكاك والاضطراب عند مروره في قنوات أو خلال أنابيب ، ولهذا فإن الارتفاع (h) المؤثر يقل عن الارتفاع الحقيقي . وهذه الخسائر تختلف من منظومة إلى أخرى . ففي بعض الحالات لا يتجاوز الارتفاع المؤثر 75% من الارتفاع الحقيقي وقد يصل أحياناً إلى 95% . وهنالك أيضاً خسائر بالمحطة والأجهزة . وعلى الرغم من أن توربين التوليد في هذه المحطات ذو كفاءة (η) عالية فإن كفاءته أقل من 100% ، لذا يمكن تحوير المعادلة إلى الشكل التالي :

$$P = 10\ HQ\eta \quad \text{كيلو وات } (KW)$$

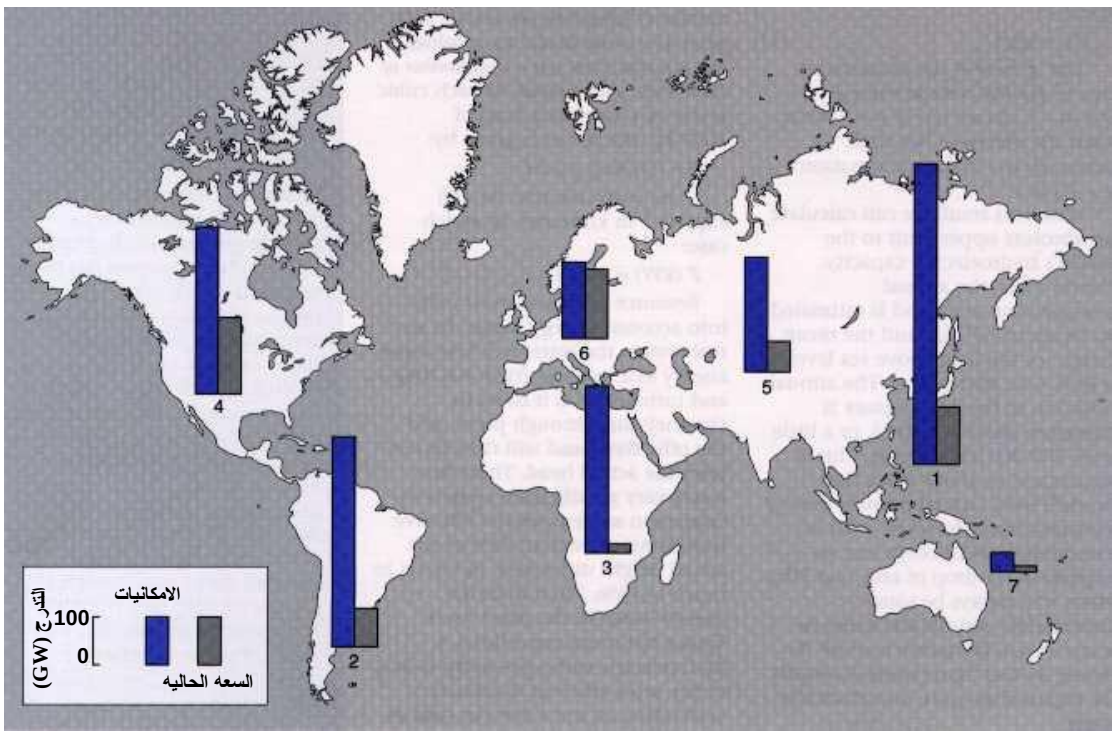
3-7 الموارد العالمية

يمكن تقدير المورد العالمي من طاقة المصادر المائية بحوالي ربع الطاقة التي خمناها سابقاً أي 50 000 TWh (T1=10^{12}10) في العام . وهذه الطاقة تعادل أربعة أضعاف الطاقة المولدة حالياً في محطات توليد الطاقة الكهربائية المنتشرة في كافة أرجاء العالم . وبالتأكيد فإن الرقم الحقيقي الذي يمكن الحصول عليه هو أقل بكثير من الرقم المذكور.

وعند الاستفسار عن كمية الطاقة التي يمكن استخدامها من منطقة معينة فإن الإجابة عن ذلك تعتمد على الظروف الموقعية وطبوغرافية الأرض وكميات المطر التي تسقط على المنطقة . إن التقدير الحالي لهذه الطاقة المتجددة يشير إلى أنه يمكن توليد 2 إلى 3 TW أي بإنتاج طاقة سنوية مقدارها 000 20 000 10 إلى TW .

4-7 القيمة الحالية للسعة والإنتاج العالمي

إن المجموع العالمي للسعة المنصوبة (المشيدة) حالياً في مختلف أنحاء العالم تبلغ 630 GW (1 جيغاوات = 10^9 وات) كما هو موضح بالشكل (7-1) ، والإنتاج السنوي يعادل 220 TWh . هذه القيمة تمثل 10% من أعلى تقدير مطروح حالياً . والسؤال الآن هو : أي قيمة من 90% المتبقية يمكن استغلالها في المستقبل؟ . الجواب يعتمد على اقتصاديات الطاقة المنتجة من هذا المصدر إضافة إلى بعض الاعتبارات البيئية والاجتماعية .



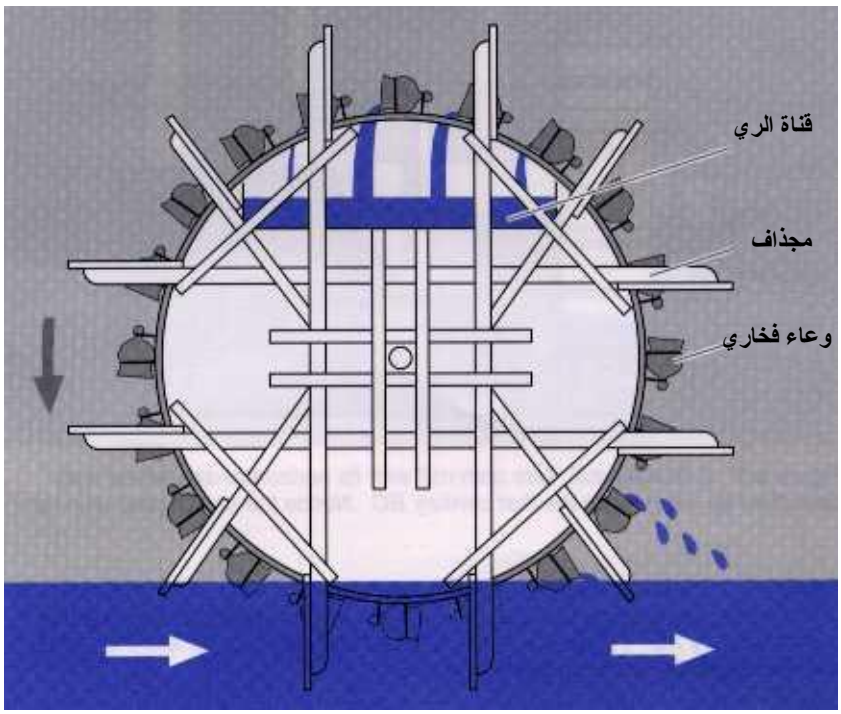
شكل (7-1) : السعه الحالية لمصادر الطاقة المائية في العالم

1- آسيا بدون دول الاتحاد السوفييتي السابقة 2- إمريكا الجنوبيه 3- إفريقيا 4- إمريكا الشمالية
5- الاتحاد السوفييتي السابق 6- أوربا بدون الاتحاد السوفييتي 7- أستراليا ونيوزلندا

5-7 نبذة تاريخية مختصرة عن الطاقة المائية

1-5-7 المحركات الرئيسية

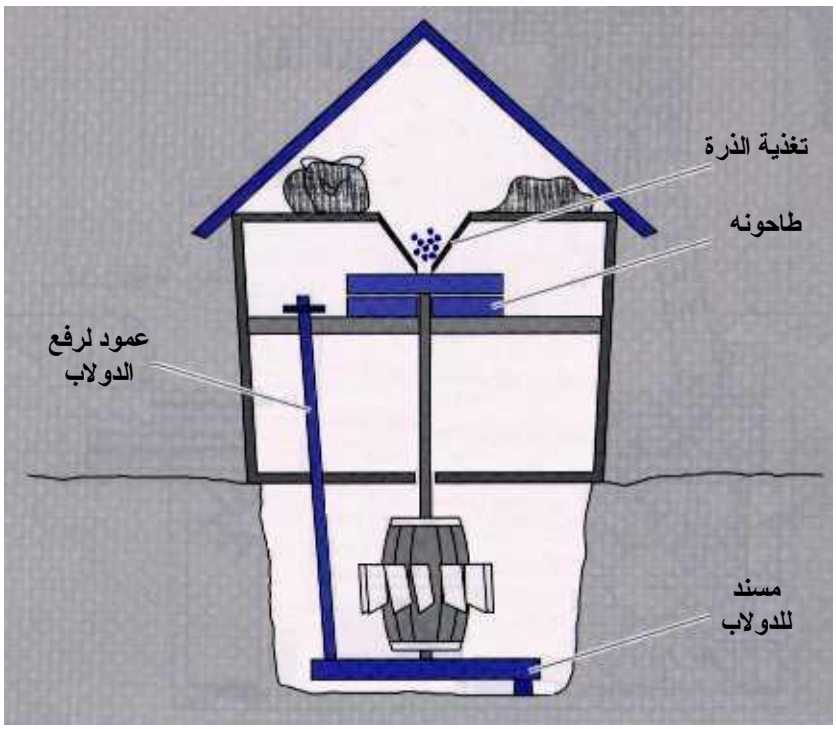
كان استخدام سرعة جريان المياه من أقدم مصادر الطاقة المستخلصة وذلك لتقليل الأحمال على الإنسان والحيوان. ولا أحد يعرف متى تم اختراع الدولاب المائي (Water Mill) . ولكن منظومات الري كانت موجودة قبل أكثر من 5000 عام . وإن أقدم جهاز كان اسمه نوركا (Norica) وكان يقوم برفع الماء من نهر إلى خزان أو منظومة قنوات . هذا الجهاز استخدم قبل ميلاد المسيح عليه السلام في مناطق من الشرق الأوسط والشرق الأقصى الشكل (7-2) .



شكل (7-2): دولاب نوركا المائي

إن أقدم طاحونة مائية هي طاحونة الذرة العمودية وتدعى نورس (Norse) أو الطاحونة الإغريقية (الشكل 7-3) ، وقد ظهرت في مناطق الشرق الأوسط في القرن الثاني بعد الميلاد ، ثم ظهرت بعد عدة قرون في الدول الاسكندنافية. وفي القرون اللاحقة أنشئت مطاحن مائية متطوّرة في الإمبراطورية الرومانية وما جاورها من دول الشرق الأوسط وأوربا .

كان رفع المياه وطحن الحبوب عملاً يوميّاً في معظم مناطق العالم القديم ، وفي القرون اللاحقة تطورت التكنولوجيا وبدأ استخدامها في التعدين وعمل الورق وعمليات متعددة متعلقة بالصوف والقطن .



شكل (7-3): طاحونه نورس

وفي الفترة ما بين 1650 و 1800 ميلادية أجريت عدة بحوث علمية لتحسين أداء دواليب المياه . وقد ظهرت عدة تصاميم لدواليب ذات قدرة تتراوح بين حصان واحد و 60 حصاناً للدواليب الكبيرة . وقد تم الاستنتاج بأنه للحصول على أعلى كفاءة يجب على الماء لمس الشفرات (Blades) ومغادرتها بنعومة وأن يعطي كل طاقته الحركية لها .

7-5-2 أنواع الدواليب المائية

منذ نهاية القرن الثامن عشر استخدمت ثلاثة أنواع من الدواليب (الشكل 7-4) . وهذه الدواليب هي :

أ - الدولاب المسير بالدفع السفلي

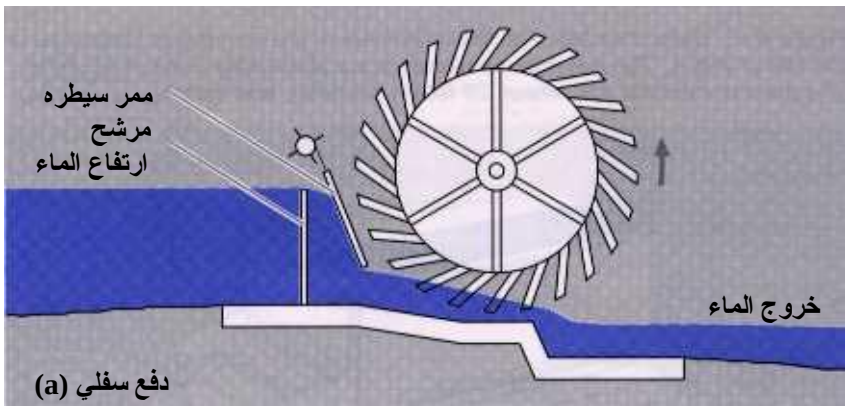
يتحرك الدولاب بواسطة ضغط الماء على الجزء السفلي من الشفرات المغمورة فيه . وفي هذا مزايا جيدة إذ يمكن استخدامه في جدول أو ساقية، ولكن مساوئه تظهر أثناء الفيضانات إذ ينغمر كل الدولاب وتتوقف حركته .

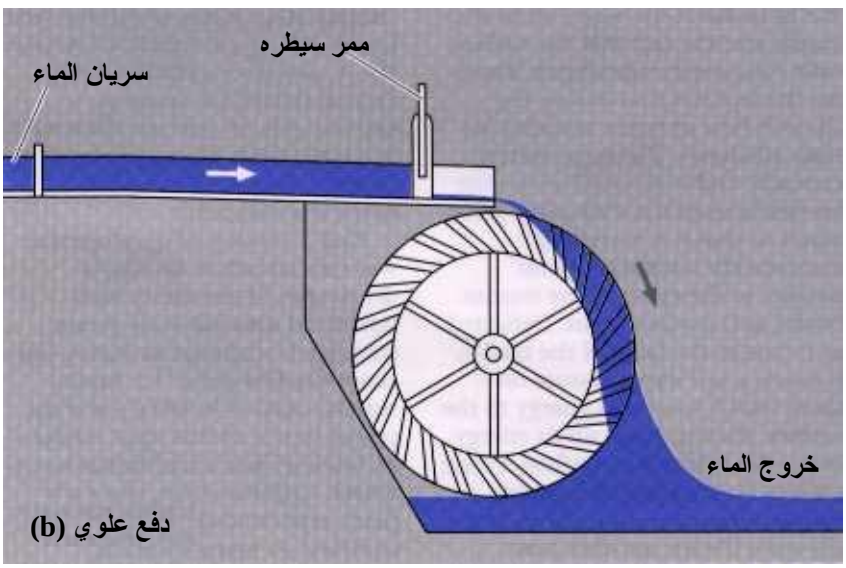
ب - الدولاب المسير بالدفع العلوي

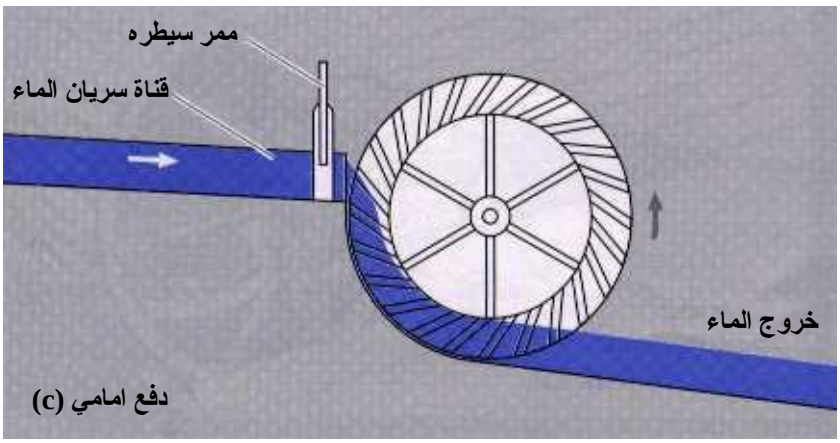
يتحرك الدولاب بواسطة الماء الساقط على الشفرات من الأعلى . والشفرات لها جوانب مغلقة تجعلها تبدو كدلو . ولا يعاني الدولاب المسير بالدفع العلوي من مشاكل الفيضان ، لكن له حدود وهو أن فرق الارتفاع بين دخول الماء وخروجه يجب أن يكون على الأقل مساوياً لقطر الدولاب. وهذا النوع من الدواليب غير ملائم للعمل في الجداول والأنهار ذات التدرج الطبيعي ، كما أنه يجب أن يتم صنعه بمتانة لمقاومة وزن الماء الساقط من الأعلى .

جـ - الدولاب المسير بالدفع الأمامي

التطوير الأخير للدولاب هو حل وسط بين الدولابين السابقين . فالماء يمر خلال حيطان متوازية ويضغط على الدولاب بمستوى مساو لمحوره . ولهذا الدولاب حسنات إذ يقوم يتفادى مشكلة الفيضان دون الحاجة إلى مستوى ماء مرتفع ومتانة غير اعتيادية خلافاً لما هو مطلوب في الدولاب المسير بالدفع العلوي .





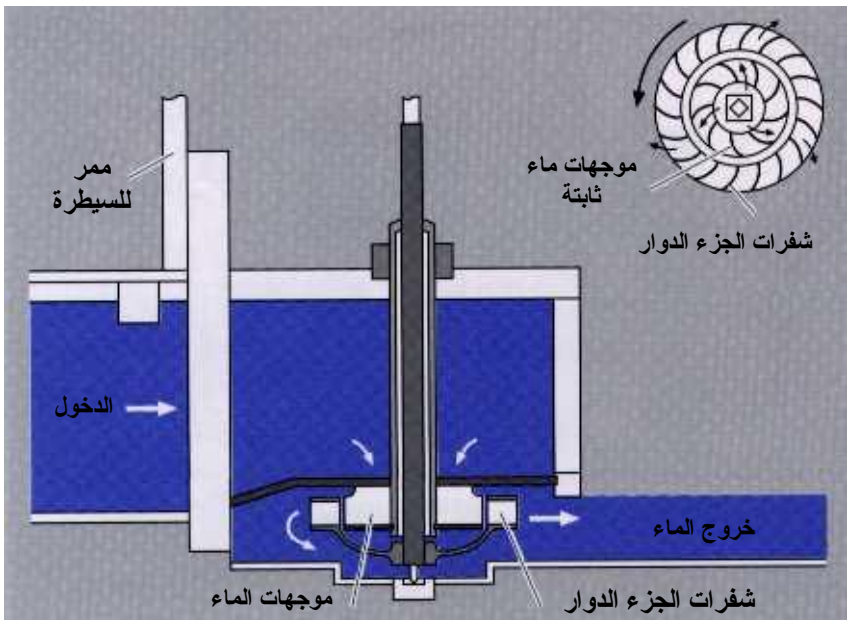


شكل (7-4): أنواع من الدواليب المائية

3-5-7 تقنيات القرن التاسع عشر

في عام 1832 اخترع مهندس فرنسي شاب اسمه (بونواه فورني رون) دولاباً مائياً ذا كفاءة عالية فكان هو وجهازه أول عَنفة (توربين) مائية. ولعَنفة (توربين) فورني رون (الشكل7-5) خصائص عدّة فهو ماكنة ذات محور عمودي ، والابتكار الجديد فيه هو استخدام الريش التي توجه الماء وتدفعه إلى الشفرات ، ويكون التوربين تحت الماء بصورة كاملة . في هذا التصميم يمكن الحصول على تيار مائي ناعم وبكفاءة عالية ، إذ يدخل الماء من الوسط وينحرف عبر الوجه المنحني من الريش الموجهة الثابتة بحيث يسير أفقياً إلى الخارج بصورة موازية تقريباً لمنحني الشفرات المتحركة عندما يصل إليها . وينعطف الماء عندما يعبر وجه الشفرات ، وبهذا فهو يسلط ضغطاً جانبيّاً عليها، وبدورها تنقل الطاقة إلى الجزء المتحرك . وتتم السيطرة على القدرة بواسطة رفع وخفض الحلقة بين الريش الموجهة والشفرات المتحركة . وهذه من الخصائص الجديدة في هذا التصميم .

وقد بينت الفحوصات بأن العَنفة (التوربين) استطاعت تحويل حوالي 80% من طاقة الماء إلى طاقة ميكانيكية . وأول زوج من هذا النوع تمّت تجربته عام 1837 ، ولم تتوقف التحسينات المُدْخَلة عليه . لقد تمّت تجربة عدة أنواع من العَنفات (التوربينات) ، وبعد عدة سنوات استطاع المهندس الأمريكي جيمس فرانسس (James Francis) إنجاز تجارب عديدة على عَنفات (توربينات) ذات سريان دائري داخلي (Inward-Flow) .



شكل (7-5): عَنفة (توربين) فورني رون

وبعد نصف قرن من التطور - وقبل أن يكتشف فرداي أن الكهرباء يمكن تحويلها إلى محطات كهربائية رئيسية - ادعى غودالمنغ (Godalming) في عام 1881 إمكانية تجهيز مناطق مختلفة بالكهرباء من دولاب مائي ، ولكن بعد مدة تم تعويض الدولاب بماكنة بخارية وذلك لعدم إمكانية الاعتماد على مستوى الماء في النهر . ومن هذه البداية البسيطة تطورت صناعة الكهرباء خلال العشرين سنة الأخيرة من القرن التاسع عشر بسرعة لم يوازها تطور أية تقنية أخرى . وفي عام 1891 نقلت الطاقة الكهربائية إلى مسافة 100 ميل لإنارة البيوت والمصانع وتشغيل الطباخات والمسخنات والمكاوي الكهربائية والمحركات .

6-7 أنواع محطات الطاقة المائية

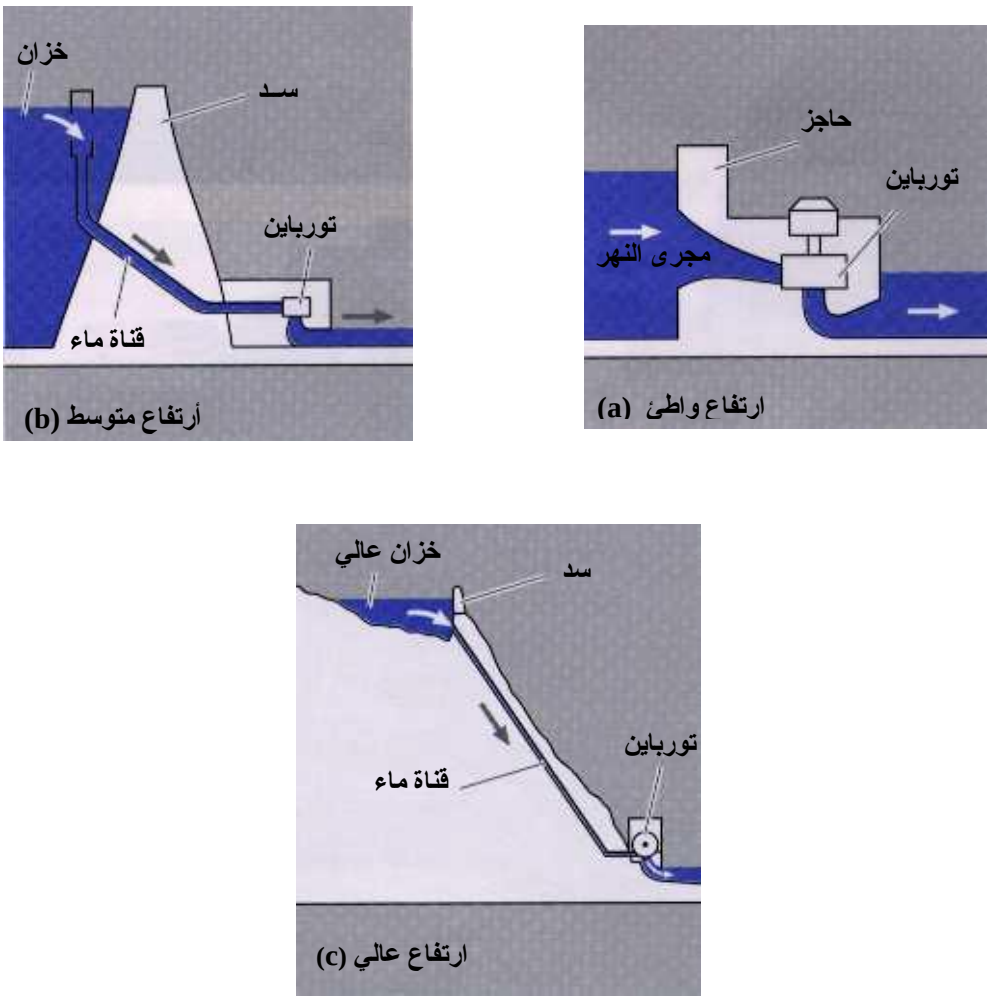
تتراوح سعة محطات الطاقة الكهربائية المولدة من الطاقة المائية من عدة مئات من الكيلووات إلى أكثر من 10000 ميغاوات . ويمكن تصنيف المحطات طبقاً لعّدة معايير وهي:

- معيار ارتفاع الماء المؤثر
- معيار السعة – الطاقة الكهربائية المنتجة
- معيار أنواع التوربين المستخدمة
- معيار موقع السد والخزان ونوعهما

هذه التصنيفات ليست منفصلة عن بعضها بعضاً ، والارتفاع والطاقة الكهربائية المنتجة هما اللذان يحددان نوع المحطة وخطوات نصبها .

1-8-7 الارتفاع الواطئ والمتوسط والعالي

يمكن لنوعيْن من المحطات لهما نفس الإنتاجية أن يكونا مختلفتين تماماً ، فالأول ذو كمية ماء قليلة وسرعة عالية مزودة من جبل عالٍ ، والثاني ذو كمية كبيرة جداً من الماء وسرعة قليلة مزودة من نهر جار . ويمكن تصنيف المواقع ومنشآت النصب إلى ارتفاع واطئ ، ومتوسط ، وعالٍ . على فرض أن الارتفاع العالي يكون بحدود 100 متر ، والارتفاع الواطئ يصل إلى حوالي أقل من 10 أمتار ، ويبين الشكل (7-6) المعالم الرئيسية للأنواع الثلاثة .



شكل (7-6): أنواع من محطات الطاقة المائية

فالسد أو الخزان الواطئ الموضح بالشكل (7-6a) يقوم بتوفير ارتفاع الماء المطلوب واحتواء مكونات المحطة مع وجود فتحات لمرور السفن أو الأسماك المهاجرة .

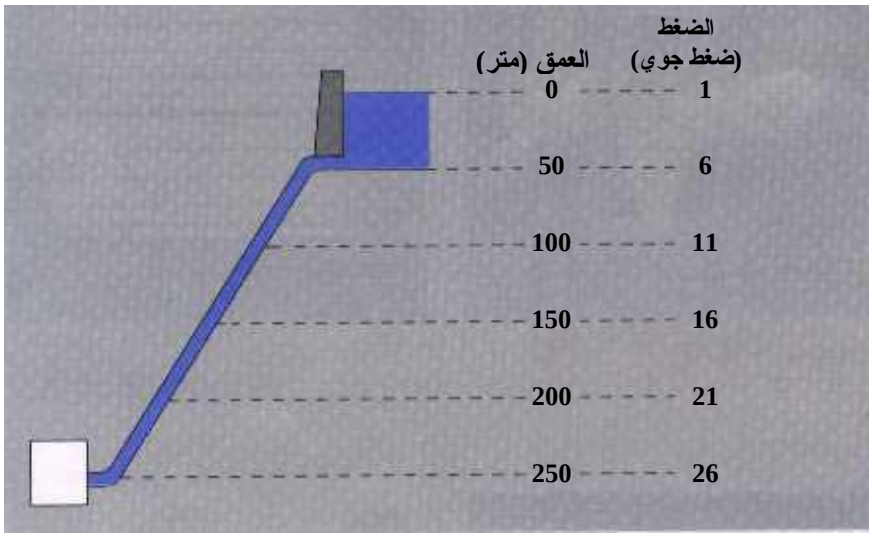
هذا النوع من محطات توليد الطاقة لا يحتوي على طاقة خزن ، ويعتمد على تيار النهر، ويمكن أن يتعرض لمشاكل استمرارية توفير الطاقة عند اختلاف مواسم السنة أو تغيير الظروف الجوية . فالمحطة المبنية في الشكل تستخدم عَنفة(توربيناً) عمودية المحور مع مولد ، وتستخدم حالياً أنواع أخرى من التوربينات في المواقع المنخفضة الارتفاع . إن الكمية الكبيرة المارة خلال الموقع المنخفض تعني أن كل المعدات والأعمال المدنية المتعلقة بها ستكون كبيرة جداً وبالتالي ستكون الكلفة عالية .

أما المحطتان الموضحتان في الشكلين (7-6b, 7-6c) فهما محطتان ضخمتان جداً ومنصوبتان في منطقة ضيقة من مجرى نهر في واد ، وخزان الماء الكبير يكون خلف السد وهو مصمم لتزويد خزن كافي لتزويد المحطة بالمياه في الظروف الجافة . لقد أنشأت الولايات المتحدة الأمريكية أكبر المحطات من هذا النوع في العالم . والأعمال الإنشائية في هذه المحطات كبيرة بشكل واضح ، ولكن المنظومات المستخدمة لا يشترط فيها أن تكون ضخمة جداً إذ يمكن لخزان صغير أن يقوم بتشغيل محطة توليد منصوبة بعد السد بصورة مستمرة . إن كمية الماء الجارية في محطة ذات ارتفاع ماء عالٍ تكون أقل بكثير من كميته في محطة قليلة الارتفاع تولد نفس الطاقة الكهربائية ، ولهذا فإن العَنفة (التوربين) والمولد وهيكلهما تكون أقل حجماً . ولكن المسار الطويل للماء يزيد من الكلفة ، كما أن الهيكل يجب أن يقاوم الضغط العالي المسلط من الماء والذي يعادل 100 ضغط جوي عند ارتفاع 1000 متر .

7-6-2 تأثير الارتفاع والضغط

الضغط (Pressure) في سائل (أو غاز) هو القوة (Force) التي تضغط على كل متر مربع من المساحة لأي جسم مغمور فيه . إن الضغط الجوي المسلط علينا هو نتيجة لوزن الهواء فوقنا . ويعادل الضغط الجوي عند مستوى سطح البحر ـ القوة المسلطة على متر مربع عند هذا السطح – قيمة 1 ضغط جوي (10^5 باسكال أو 14 رطلاً لكل بوصة مربعة) ، ويقل الضغط الجوي مع الارتفاع بنسبة 5% لكل 300 متر (أو 1 سم زئبق لكل 120 متراً) . وكلما انحدرنا إلى مستوى أقل من الخزان (عمق أكثر) أو أي

جسم من الماء ، فإن الضغط يزداد وذلك لزيادة وزن الماء ، لأن الماء أكثر كثافة بعدة مئات من المرات من الهواء ، ولهذا فإن الفرق يكون واضحاً . فعلى عمق 10 متر يكون الضغط ضعف قيمته على السطح ، أي 2 ضغط جوي . وهذه الزيادة تكون واحد ضغط جوي لكل عشرة أمتار (الشكل 7-7) .



شكل (7-7): ازدياد الضغط مع العمق

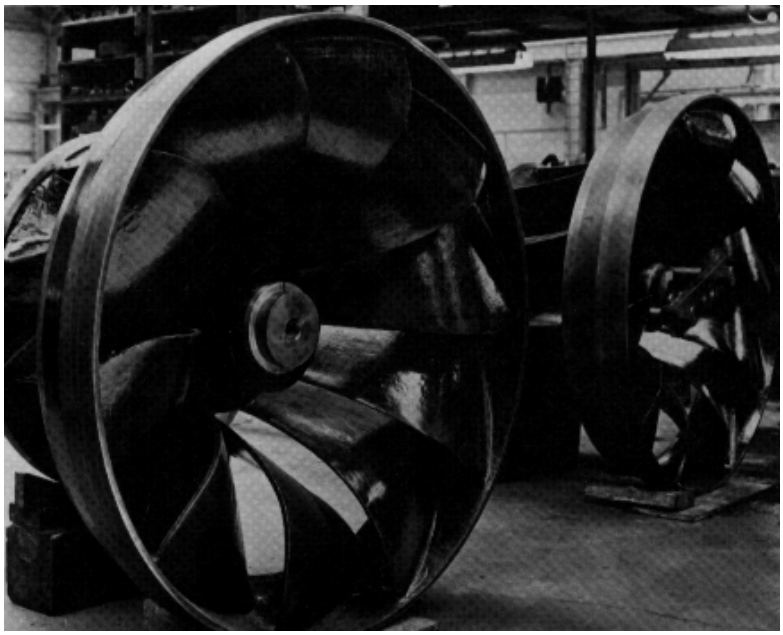
3-6-7 تخمين القدرة (Estimating The Hydropower)

إن الحصول على معلومات دقيقة عن كمية المياه وتغيراتها هي من المتطلبات الأساسية لتقدير قدرة مكمن الطاقة المائية لموقع . والتقنية المفضلة للقياس هي تكوين علاقات تجريبية بين كمية السريان (Flow Rate) وعمق الماء (Depth of Water level) أو سرعة الماء في نقطة مختارة . وعند عدم توفر مثل هذه القياسات يجب اتباع طرق أخرى مثل إيجاد كمية المطر السنوية الساقطة على مساحة التجميع ، وهذه يمكن أن توفر معلومات عن كمية الجريان في المنظومة مع ملاحظة كمية التبخير وكمية سقي المزروعات والكمية المتسربة إلى الأرض . وفي معظم المناطق هنالك تغيير موسمي في كمية المياه ، وهذه يمكن تقديرها . ومن المشاكل الرئيسية هي وجود تغيرات موسمية لفترات طويلة أو لفترات قصيرة . فالتغيرات من سنة إلى أخرى قد تكون كبيرة . فمثلاً قد يكون معدل سقوط المطر في مساحة تجميع معينة 900 ملم ، ولكنه قد يتغير من 600 ملم إلى 1200 ملم . ففي الدول التي تعتمد بصورة رئيسية على استمرارية سقوط كمية من المطر فإن نقص هذه الكمية لسنوات متعاقبة يعني حدوث مشاكل في توليد كميات مناسبة من الطاقة الكهربائية .

7-7 بعض أنواع العنَفات (التوربينات) المستخدمة

1-7-7 عَنفة (توربين) فرانسس (Francis Turbine)

إن العَنفات المستخدمة حالياً تكون على أشكال مختلفة كما في (الشكل7-7) وتختلف هذه العَنفات من حيث الحجم . فقد يتراوح قطر الجزء المتحرك منها من ثلث متر إلى 20 ضعفاً . والعَنفة المستخدمة غالباً في الأيام الحالية ، وبصورة واسعة ، هي عَنفة فرانسس كما هو موضح في (الشكل 7-8) . ويتم حالياً نصب مثل هذه العَنفة في محطات يصل فيها ارتفاع منسوب الماء ما بين 2 متر و 200 متر . وهذه العَنفات هي ذات دوران دائري . وبالرغم من أن الماء يسري إلى الداخل باتجاه المركز - مقارنة بالسريان إلى الخارج الذي يتم في عَنفة فورني رون – فإن مبدأ العمل يبقى مشابهاً لعَنفة القرن التاسع عشر .



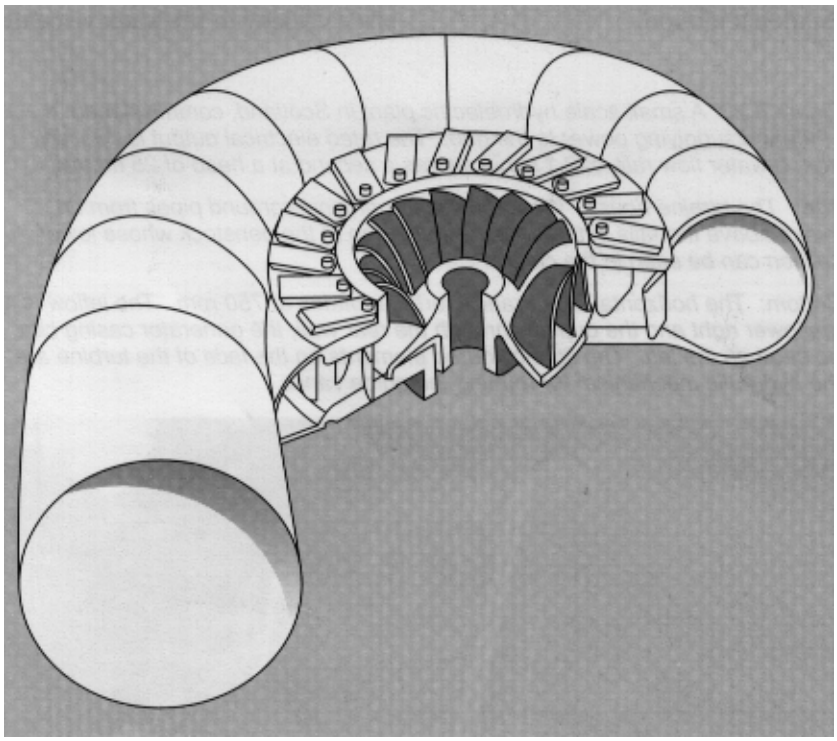
شكل (7-8): عَنفة (توربين) فرانسس

أ – عمل العَنفة (التوربين)

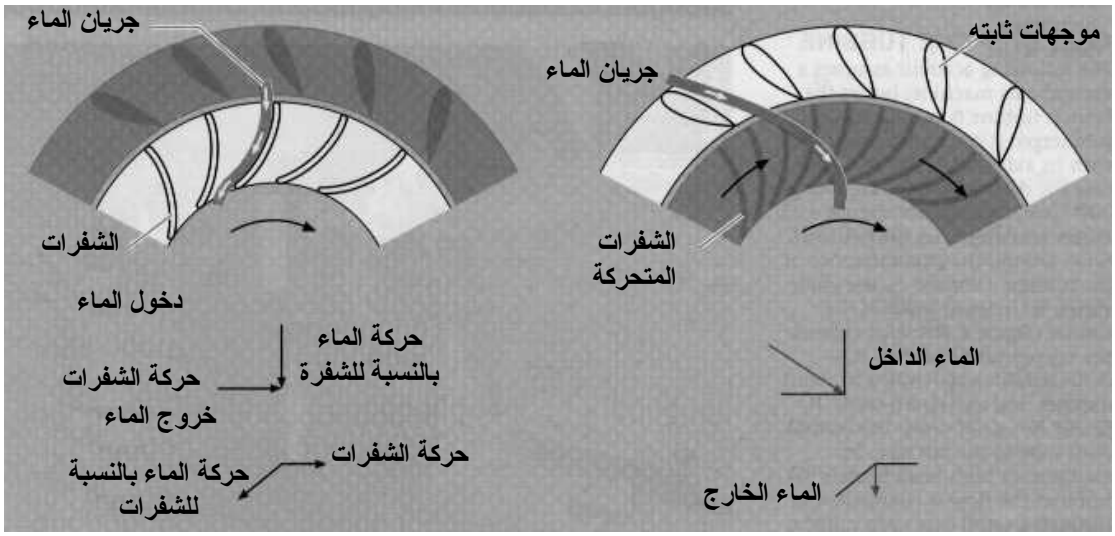
يسير الماء في الممر المحيط بالتوربين متوجهاً إلى الريش الدّوارة (Blades) كما في (الشكل 7-9) التي تقوم بتوجيه شفرات الجزء الدوار ، ومن ثم إلى المجرى في الذيل . ففي العَنفات (التوربينات) المتوسطة من هذا النوع يتم توجيه التيار إلى غطاء ذي شكل لولبي يشبه هيكل قوقعة الحلزون مع ريش موجهة موضوعة

في سطحه الداخلي . إن شكل الريش الموجهة وشكل شفرات الجزء الدوار مُهّمان في إنتاج سريان منتظم لغرض الحصول على كفاءة عالية ، وللتأكد من أن الماء عند خروجه قد فقد كل حركته الدورانية كما موضح في الشكل (7-10) الذي يبين سير الماء عند مواجهته ومغادرته لشفرات الجزء الدوار . ويجب أن نتذكر أن الشفرات تدور أيضاً ، وعليه فإن المسار الحقيقي للماء هو نتيجة جمع سرعة الشفرات إلى سرعة المياه كما في الشكل (7-10a) . أما الأسهم في الشكل (7-10b) فإنها توضح كيفية تغير اتجاه الجريان .

يسلط الماء قوة على الشفرات ، وهذه القوة تنقل الطاقة إلى الجزء الدوار لاستمرار دورانها . ومن أهمّ خصائص هذا النوع أن الماء الذي يصل إلى الجزء الدوار يكون تحت ضغط ، ويقل هذا الضغط عند مروره خلال العَنفة (التوربين) لتوليد طاقة الدوران .



شكل (7-9): هيكل عَنفة (توربين) فرانسس



شكل (7-10): سريان الماء في عَنفة (توربين) فرانسس

ب – كفاءة العَنفة (التوربين)

إن القدرة المتولدة من العَنفة تكون أقل من القدرة المسلطة عليه وذلك لعدة أسباب : أولها أن هنالك خسائر احتكاك ، وثانيها أن الطاقة المائية الموجهة تدور في أنابيب وقنوات ، وفي هذا أيضاً خسائر احتكاك .

إن العَنفات الحديثة ، وفي الظروف المناسبة ، تكون مكائن ذات كفاءة عالية. ويمكن الحصول منها على كفاءة تصل إلى 95% بعد أن يتم تثبيت سرعة الماء القادم الصحيح واتجاهه بالنسبة إلى الشفرات . والقدرة الناتجة يمكن أن تقل عندما تقل كمية الماء . ولتثبيت ذبذبات دوران المولد فإن معدل سرعة هذا المولد يجب أن تكون ثابتة لأية قدرة منتجة . ولكن عند عدم تغيير سرعة الجزء الدوار - عندما تقل سرعة المياه – فإن ذلك يعني أن الزاوية التي يتم فيها تسليط الماء على الشفرات المتحركة ستكون متغيرة وعندها ستقل كفاءتها . إن هذه الخصائص يجب تقبلها في مثل هذا النوع من العَنفة.

جـ - محددات عَنفة (توربين) فرانسس

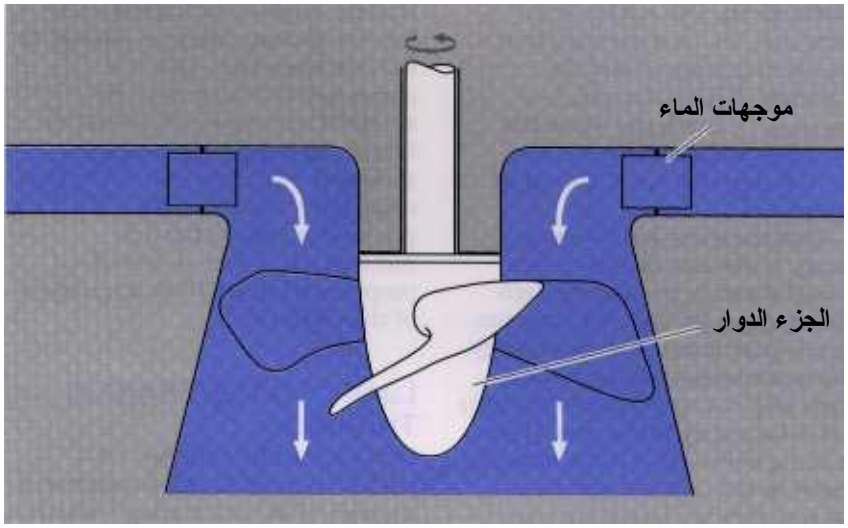
إن اختيار أفضل عَنفة لعمل معين يعتمد على عدة عوامل من أهمها أن يكون ارتفاع الماء مقبولاً . فإذا كان الارتفاع قليل فإن الحاجة إلى كميات كبيرة من المياه تكون مطلوبة للحصول على طاقة ثابتة . وعندما يكون الارتفاع أقل تقل

سرعة المياه ، وهذا يعني ضرورة اختيار مساحة كبيرة . والعَنفات الملائمة للعمل في مثل هذه الظروف هي من نوع العَنفة ذي الجريان المحوري (Propellers) . والحقيقة أن الارتفاع العالي للماء يسبب مشاكل أيضاً. فالارتفاع العالي يعني سرعة مياه عالية ، وعندها تكون عَنفة فرانسس في أعلى كفاءته بسبب دوران الشفرات بسرعة مقاربة لسرعة الماء التي هي سرعة عالية جداً وهذا يكون أحياناً غير مرغوب فيه . ويستخدم لهذا النوع من المحطات عَنفات تدعى العَنفات الدافعة (Impulsive Turbines).

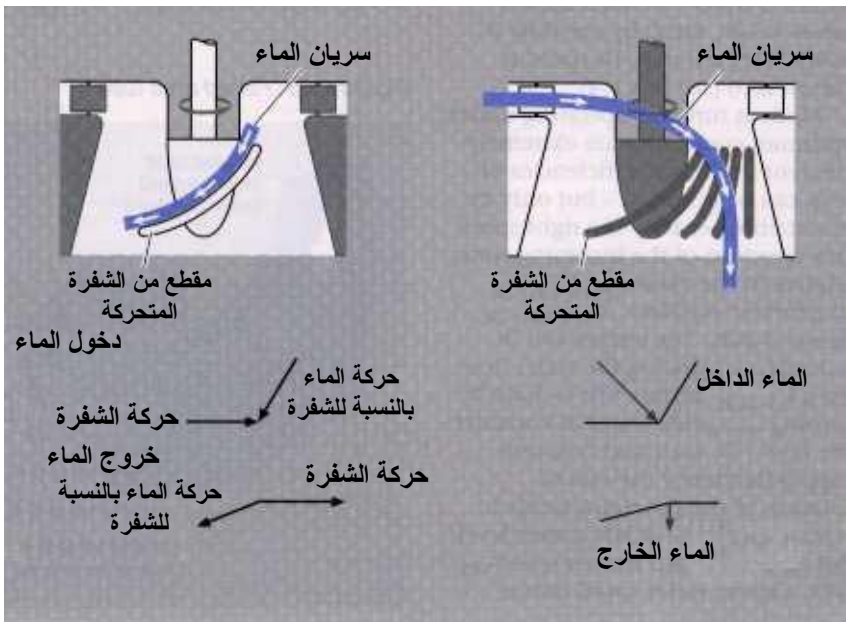
2-7-7 الدافع (Propellers) أوالعَنفة (التوربين) ذات الجريان المحوري

في العَنفة ذي الجريان المحوري والموضح في الشكل (7-11) تكون المساحة التي يدخل منها الماء أكبر ما يمكن ، وهي كل المساحة التي تغطي الشفرات . لذلك فإن العَنفة ذي الجريان المحوري ملائمة لكميات كبيرة من الماء ولارتفاع قليل جداً لا يتجاوز عدة أمتار . ولهذا النوع من العَنفة مزايا إيجابية عند مقارنته بالعَنفات ذات الجريان الدائري لأنه أبسط من الناحية التقنية في حالة تغير زاوية الشفرات وذلك عندما يتغير الطلب على القدرة وهذا تحسين للكفاءة عندما يتغير الحمل . وتدعى العَنفات ذات الجريان المحوري التي تمتلك هذه الخصائص عَنفات كابلن (Kaplan Turbines) .

ويمكن مقارنة الشكل (7-12) مع الشكل (7-10) لغرض توضيح جريان الماء بالنسبة للشفرات والجريان الحقيقي المطلوب لتحقيق ذلك . ففي حالة الجريان المحوري يكون اتجاه الجريان العام غير دائري ولكنه محوري ، وهو يعمل زاوية مناسبة مع المحور وليس على طوله. وكما في السابق فإن الماء الداخل يكون كالدوامة المستديرة ، ولكن الخاصية المهمة هنا هي أن سرعة الشفرات أكبر من سرعة الماء (بقدر ضعفها) ، وهذه تسمح بحركة دوران سريعة حتى لو كان الماء ذا سرعات قليلة . ونظراً إلى أن الأجزاء الخارجية من الشفرات تدور أسرع من الأجزاء المركزية وأن الماء المتحرك على شكل دوامة يكون أسرع قرب المركز ، فإن زاوية الشفرة تحتاج إلى زيادة من المسافة مع المحور ، ولهذا يكون للدافع (Propeller) الشكل الملتوي المألوف .



شكل (٧-١١): العَنَفة (توربين) ذات الجريان المحوري



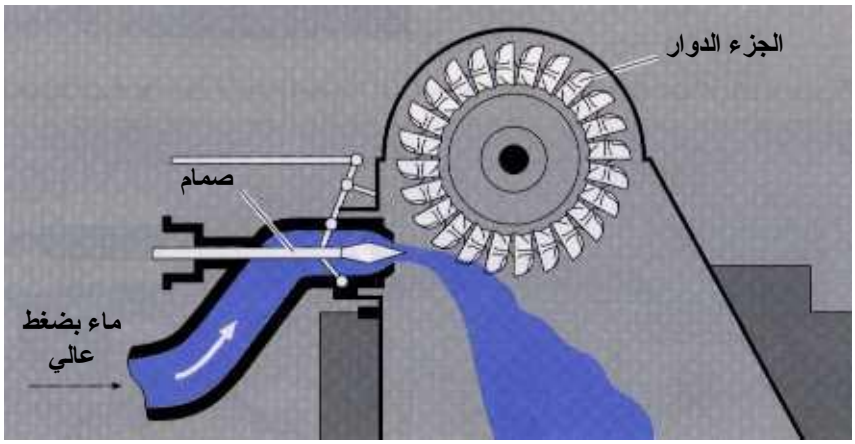
شكل (٧-١٢): سريان الماء في العَنَفة (التوربين)

3-7-7 العَنَفات (التوربينات) ذات القوة الدافعة (Impulse Turbines)

أ - دولاب بلتن (Pelton Wheels)

إن دولاب بلتن هو المفضل للاستخدام في الارتفاعات العالية لمنسوب المياه والتي تزيد عن 250 متراً. هذا الدولاب اخترعه عام 1880 لستر بلتن ، وقد استخدم في نهاية القرن التاسع عشر في كاليفورنيا . وهو يختلف تماماً عن

الأنواع الأخرى التي نوقشت سابقاً . ويتكون هذا الدولاب بصورة أساسية من دولاب ومجموعة من الملاعق أو الأكواب المثبتة حول المحيط ، كما هو موضح بالشكل (7-13) ويسير بواسطة تيار الماء ذي السرعة العالية الذي يضرب الأكواب على التوالي . يمر الماء حول المنحنى ، وفي أفضل الحالات سيعطي معظم طاقته الحركية . وبما أن الطاقة تتوفر في متوالية من دفعات قصيرة في هذه العَنفة لذا أطلق عليها العَنفة ذي القوة الدافعة وخلافاً للعَنفة التي وصفناها سابقاً فإن أحد الفروق المهمة بين هاتين النوعين هي أن العَنفة السابقة تدور وهي مغمورة في الماء وبفرق ضغط خلال الجزء الدوار بينما تدور هذه العَنفات (ذي القوة الدافعة) بصورة رئيسية في الهواء تحت الضغط الجوي الاعتيادي .



شكل (7-13): هيكل دولاب بلتن

إن القدرة المتوفرة لتوربين بلتن يمكن معرفتها ، كما هو معتاد ، بواسطة الارتفاع وكمية الماء الجاري . فإذا كانت مساحة التدفق A بالمتر المربع فإن حجم التدفق المناسب (Q) للارتفاع (H) يمكن حسابه من المعادلة التالية :

$$\sqrt{H20}\ A = Q$$

وبما أن القوة الداخلة بالكيلووات تعادل QH10 (كما تم شرحها سابقاً) ، لذا فإنه بالتعويض في قيمة Q من المعادلة السابقة فإن القدرة P ستساوي :

$$\therefore P = \sqrt{H20}\ A\ H\ 10$$

$$\approx 45\ A\ \sqrt[3]{H}$$ (كيلووات)

فإذا كانت الأكواب المجاورة لا تتداخل مع تيار الجريان فإن قطر الدولاب يجب أن يكون عشرة أمثال قطر التدفق . ولكن دولاب بلتن لا يحتاج فقط إلى تدفق واحد إذ يمكن استخدام تدفقيْن أو أربعة تدفقات لتوليد قوة كبيرة من دون زيادة حجم العَنفة وسعرها . فلو افترضنا أن عدد التدفقات هو z فإن القوة الداخلة تصبح:

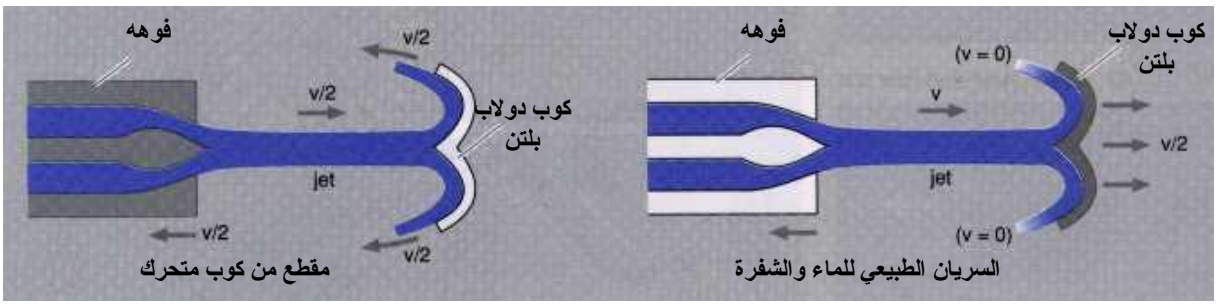
$$P \text{ (كيلووات)} = 45jA\sqrt{H^3}$$

$$= 45\ jA\ \sqrt[3]{H}$$

وأعلى كفاءة لدولاب بلتن تكون عندما تكون سرعة الأكواب مساوية لنصف سرعة تدفق الماء كما هو مبين أدناه .

وعندما يقترب الماء من الأكواب بسرعة مقدارها V كما هو مبين بالشكل (7-14) ويبتعد الكوب بسرعة تعادل نصف هذه السرعة (V\2) فإن الماء يدخل الكوب ويغادره بسرعة V\2 بعكس الاتجاه .

وعند تحرك الكوب إلى الأمام بسرعة (V\2) تكون سرعة الماء الحقيقية صفراً ، أي أن الماء يعطي كل طاقته الحركية إلى الدولاب وتكون الكفاءة في هذه الحالة 100% . ومن الناحية العملية فإن هذه الحالة صحيحة تقريباً ، وأفضل سرعة كوب تكون أقل قليلاً من V\2 .



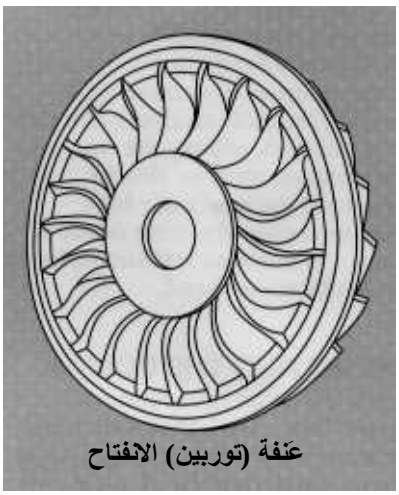
شكل (٧-١٤): سريان الماء في دولاب بلتن

ب - عَنفات (توربينات) الانفتاح والتيار العكسي (Turgo and Cross-flow Turbine)

أحد العَنفات المختلفة عن دولاب بلتن هو عَنفة الانفتاح (Turgo Turbine) ، وقد تم تطويره عام 1920 . بأن تم تبديل الأكواب المزدوجة بكوب فردي قليل العمق

مع دخول الماء من اتجاه وخروجه من الاتجاه الآخر . ويدخل الماء كنافورة على الأكواب بالتعاقب . ويعتبر هذا التوربين توربيناً دافعاً، وهو يشبه عَنفة بلتن إذ أن أعلى كفاءة يصل إليها هي عندما تكون سرعته نصف سرعة الماء ، إلاَّ أن قابليته باستخدام كميات من الماء تكون أكبر من دولاب بلتن لنفس القطر ، وهذا يعطيه بعض المزايا لإمكانية توليد الطاقة في الارتفاعات المتوسطة .

إن عَنفة التيار العكسي – كما في الشكل (7-15) - هو نوع آخر من العَنفات الدافعة . ففيه يدخل الماء في صفيحة مستوية بدلاً من النافورة المدورة ويذهب إلى الشفرات ماراً خلال العَنفة ملاقياً الشفرات مرة أخرى عند المغادرة . ويستعمل هذا النوع من العَنفات، بدلاً من عَنفة فرانسس ، في المحطات الصغيرة التي تكون سعتها أقل من 100 كيلو واط وهنالك تفكير في تطوير أنواع بسيطة من هذه العَنفة لا تحتاج إلى معدات هندسية متقدمة لنصبها في المناطق النائية وفي الدول النامية .


عَنفة (توربين) الانفتاح

عَنفة توربين التيار العكسي

شكل (٧-١٥): عَنفات (توربينات) الانفتاح والتيار العكسي

8-7 السرع النوعية ومديات التطبيق

تبعاً لما تمَّ توضيحه سابقاً فإن دواليب بلتن(Pelton Wheels) أكثر مناسبة للارتفاعات العالية من منسوب المياه . أما العَنفات الدافعة (Propellers) فإنها مناسبة للارتفاعات المنخفضة ، بينما عَنفات فرانسس تصلح للارتفاعات المتوسطة من منسوب المياه . ولكن الارتفاع المؤثر ليس هو العامل الوحيد في تحديد أفضلية العَنفة لمحطة معينة . فالقدرة المفيدة هي أيضاً ذات صلة بالموضوع .

والعامل الاعتيادي المستخدم في اختيار التوربينات هو السرعة النوعية (V_s) التي لها علاقة بالقدرة المنتجة (P_r) ، والارتفاع المؤثر (H) بالمتر ، ومعدل الدوران (n) (دورة بالدقيقة) وذلك كالآتي :

$$V_X = n \sqrt{\frac{P}{H^2 \sqrt{H}}}$$

هذه المعادلة يمكن استخدامها لاختيار أفضل نوع عَنفة (توربين) لاستخدام معين . ومن الموقع سيتم تقدير كيفية إيجاد الارتفاع المؤثر (H) والقدرة المفيدة (P) ، والقيم الممكنة لمعدل الدوران (n) محددة بمتطلبات وجوب دوران المولد المربوط إلى الشبكة بسرعة مناسبة لتوفير الذبذبة المتوافقة مع الذبذبة الرئيسية للمنظومة . وهذه المعلومات يمكن استخدامها لاحقاً لإيجاد القيم المفضلة (مديات من القيم) في N_s للموقع المقترح .

والمعلومات المبينة في الجدول (7-1) تستخدم لاختيار التوربين المناسب الموافق للسرعة النوعية N_s .

جدول (7-1) : السرعة النوعية لعَنفات (لتوربينات) مختلفة

نوع العَنفة (التوربين)	**مديات السرع النوعية**
عَنفة فرانسس (Francis)	70-500
العَنفة الدافعة (Propeller)	600-900
عَنفة كابلن (Kaplan)	350-1000
دولاب بلتن نافورة واحدة (Pelton)	10-35
دولاب بلتن بنافورتين (Pelton)	10-45
عَنفة الانفتاح (Turgo)	20-80
عَنفة التيار المعاكس (Cross-flow)	20-90

إن السرعة النوعية مشتقة من عدد من المتغيرات كالقدرة (P) والارتفاع المؤثر (H) وعدد الدورات ، ويمكن أيضاً أن تعتمد على معاملات معينة تفهم من العلاقة التالية:

$$N_S = 500 \left(\frac{V_B}{V_w}\right)\left(\frac{r}{R}\right)$$

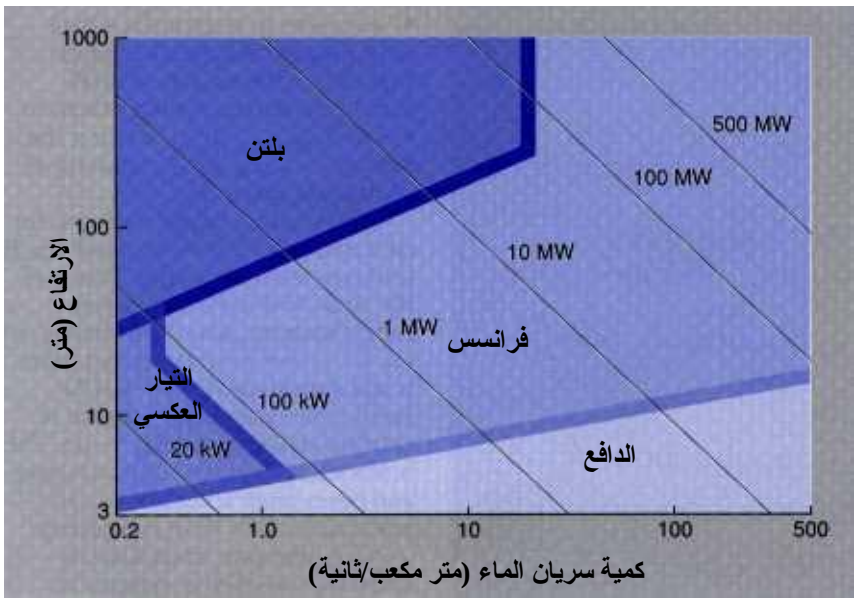
بمعنى آخر إن السرعة النسبية تعتمد على متغيرين :

الأول : هو النسبة بين قطر التيار المتدفق (d أو r) إلى قطر التوربين R أو D أي

$$\left(\frac{d}{D}\right) \text{ أو } \left(\frac{r}{R}\right)$$

الثاني : هو سرعة الشفرات V_B إلى سرعة الماء V_w أي $\left(\frac{V_B}{V_w}\right)$

وكما رأينا فإن هاتين النسبتين تعكسان أهم الفروق بين الأنواع المختلفة للتوربينات . ولكل نوع ، دون الالتفات إلى حجمه ، مديات من السرعة النسبية V_x كما في الشكل (16-7) والجدول (1-7).



شكل (16-7) : مديات السرعة لأنواع من التوربينات

9-7 محطات الطاقة المائية القليلة السعة

من الانعكاسات المثيرة في هذه الأيام هو أن المحطات ذات قدرة 50 ميغاواط والتي تنتج قدرة كافية لتغذية مدينة متوسطة الحجم تسمى بالمحطات الصغيرة . وهذه الحالة يمكن أن تؤخذ كمثال على اختلاف مدلولات المصطلحات في النقاش حول المحطات الصغيرة والأصغر والصغيرة جداً والتي تتراوح من عشرات الميغاواط إلى مئات الواط . وسنعتبر أن المحطات الصغيرة هي ذات السعة الأقل من 5 ميغاواط .

10-7 تطور الطاقة المائية في العالم

إن المحطات الصغيرة حالياً غير شائعة في دول أوروبا وأمريكا الشمالية . ولكن مع بداية اكتشاف الكهرباء نصبت مولدات بقدرة تتراوح بين عدة كيلووات إلى ميغاواط على الجداول والأنهار باستخدام السدود أحياناً ومواقع طواحين الهواء . وكثير من هذه المجمعات واصل إنتاج الطاقة طيلة نصف قرن أو أكثر ، إلى أن تمّ إنشاء الشبكة

الوطنية للكهرباء منذ بداية 1920 . وبسبب توفر وسائل الراحة ، والاعتماد الكبير على المحطات المركزية تمّ منذ أكثر من سبعين عاماً العزوف عن نصب المحطات الصغيرة المختلفة الفولتية والذبذبة بصورة تدريجية ، فالتطور التكنولوجي تركز على منظومات ذات سعة تعادل عدة ميغاواط . ويرجع الاهتمام الحالي بهذه المحطات الصغيرة إلى عدة أسباب هي :

أ - الاهتمام الاستراتيجي بتوفير الطاقة .

ب - القابلية المحدودة لبناء محطات كبيرة السعة في بعض الدول .

جـ - تقدم العلوم الإلكترونية الذي قلل من كلفة السيطرة على المحطات ومكن المحطات الصغيرة من توفير الفولتية والذبذبة المناسبتيْن للشبكة الرئيسية .

وفي الدول الصناعية فإن المواقع التي يتم التفكير في اختيارها تقع ضمن صنفين رئيسيين هما السدود وخزانات المياه . وبعض المواقع تعمل حالياً لإنتاج الطاقة ، ولكن يوجد فيها بعض الإمكانيات لنصب منظومات صغيرة إضافية مستخدمة الهياكل الإنشائية المتوفرة . وبالطبع فإن مثل هذه التحويرات مفيدة من الناحية الاقتصادية ومقبولة من الناحية البيئية مقارنة بإنشاء المحطات الجديدة الكاملة . فالصين هي أكثر الدول استخداماً للمحطات الصغيرة التي تقدر سعتها بحوالي مائة كيلوواط . وقد نصبت أكثر من مائة ألف منظومة من هذا النوع خلال السنوات الخمس والعشرين الماضية .

أما المحطات الكبيرة ذات السعة التي تزيد عن عدة مئات من الميغاواط فإنها ليست بالضرورة مناسبة للمناطق النامية في العالم . فالمحطات الصغيرة تمثل تكنولوجيا أفضل لحل مشاكل نقصان الطاقة في هذه المناطق . ومن مزايا هذه المحطات أنها لا تعتمد على نصب شبكات واسعة من خطوط نقل الطاقة ، وأنها مخصصة لخدمة منطقة صغيرة معينة ، وبهذا تحتاج إلى خدمات وعدد من الفنيين المختصين أقلّ .

ولقد أنشئت برامج لتطوير معدات محطات الطاقة المائية الصغيرة ونصبها وتصنيعها في أكثر من عشرين بلداً في العالم معظمهما في آسيا وأمريكا الجنوبيّة لتزويد المناطق النائية والمنعزلة بالطاقة الكهربائية .

11-7 الاعتبارات البيئية واستخدام مصادر الطاقة المائية

من أهم مزايا استخدام مصادر الطاقة المائية أنها لا تبعث غاز ثاني أكسيد الكربون إلى الجو ، وأن لها تأثيراً بسيطاً جداً على المحيط وهو زيادة التبخر المائي ، وبعض التأثيرات على درجة حرارة المنطقة . (لاحظ أن زيادة وجود الأعشاب المائية يزيد من انبعاث غاز الميثان ، لكنه لم يثبت إلى حد الآن أن نصب المحطات المائية يسبب انبعاث هذا الغاز) !! . كما أن هذا الاستخدام لا يسبّب أي تلوث بالضوضاء ، ولا يُعَدُّ سبباً لحدوث الانفجارات أو الحرائق أو انبعاث المواد السامة .

إن التأثيرات البيئية والاجتماعية المتعلقة بالمحطات المائية يمكن تلخيصها كالآتي :

- التأثيرات الهيدرولوجية : سريان الماء ، المياه الجوفية ، تجهيز المياه والري وغيرها.
- التأثيرات البيئيـــــة : الأرض ، النباتات والحيوانات .
- التأثيرات الاجتماعية .

أولا : التأثيرات الهيدرولوجية

إن التأثيرات الهيدرولوجية ستكون مؤثرة بالطبع على البيئة وعلى المجتمع المحلي وخاصة في حالة نصب المحطات الكبيرة . فالمحطات تبدّل أوضاع مصادر المياه ، وتحويل جدول مائي جبلي إلى ماء يمر في أنبوب هو تحويل له تأثيرات ، ولو بسيطة ، على المنطقة .

كما أن خزن الماء في خزان ماء كبير يقلل كمية المياه الجارية بسبب التبخر العالي من الخزان . ومن أمثلة هذه التأثيرات أن أحد الخزانات قد أثر على توزيع المياه الجوفية في المناطق المجاورة . كما أن نضوب نهر كالورادو خلال مساره أدى إلى نقص الكميات المناسبة من المياه عند وصوله إلى بداية خليج كاليفورنيا مّما أحدث مشاكل بين بعض الولايات الأمريكية لعدة عقود.

ثانيا : تأثيرات السدود

إن أيّ مبانٍ كبيرة في أية منطقة لابد أن يكون لها تأثير على البيئة ، وذلك لأن عملية البناء تؤدي إلى حدوث معكرات واسعة . ومع أن عملية بناء السدّ تستغرق بضع سنوات فقط إلاّ أن تأثيراتها على البيئة تمتد إلى أكثر من ذلك . وحتى عندما تنتهي هذه التأثيرات فإن التغيير من بيئة مناسبة للزهور والمزروعات والحيوانات الأليفة إلى بيئة مناسبة للأسماك والقوارب سيكون مختلفاً.

كما أن هنالك تأثيرات أخرى كالتي أحدثها سد أسوان في مصر ، إذ أن الأراضي بعد إقامة السد لم تعد تحصل على التربة الجيدة والمواد الغنية الناتجة عن فيضان النهر . إن منظومة الري التي كانت مستخدمة منذ فترات طويلة والمعتمدة على هذه الظاهرة الطبيعية قد تم تعويضها بمنظومة تعتمد على الري الميكانيكي . كما أن استخدام الأسمدة أدى إلى تدهور تدريجي للتربة وإلى تلوث مياه النهر . وفي الوقت نفسه يتجمع الغرين خلف السد فيقل حجم التخزين المائي ويؤثر ذلك بالتالي على إمكانية التوليد .

والسدود نفسها هي موضوع يثير الاهتمام من ناحيتي التأثيرات المشاهدة وإمكانية حدوث كارثة بسبب خللٍ ما . فعندما نرجع إلى المعلومات عن حوادث السدود خلال العقود الماضية نجد أن تسلسل الحوادث المأساوية التي أدت إلى فقدان أرواح تحدث مرة في كل فترة تمتدّ من 6 إلى 10 سنوات . وإن المعدل الحالي هو كارثة واحدة لكل 000 120 سد بالسنة !! .

والسدود المنصوبة في مناطق يمكن أن تتعرض لهزات أرضية هي من المشاكل الواضحة ، ويجري نقاش منذ عدة سنوات حول ما إذا كانت هذه المحطات تزيد من حدوث الهزات الأرضية أم لا . لقد بنيت القياسات أنه عند ازدياد منسوب المياه في زمبابوي فإنهّا ترتفع خلف سد كاريبا (Kariba Dam) – المنجز عام 1960- مؤدية إلى حدوث تغيرات في مستوى الأرض حتى مسافة 36 كيلومتر من السد. وفي السنة التي وصلت فيها مياه السد إلى الارتفاع الاقصى حدثت سلسلة من الهزات الأرضية كان قسم منها كان بقوة 5 أو أكثر على مقاس ريختر.

وهذه الحالة ليست دائماً الحالة الطبيعية ويمكن ملاحظة الجدول (7-2) الذي يوضح حوادث مماثلة في بعض السدود .

جدول (2-5) السدود والحوادث الزلزالية

اســـــم الســـــد	البلـــد	ارتفاع السد (متر)	سعة الخزان بليون متر مكعب	الحوادث الزلزالية منذ التشيد
كلن كانيون (Glen Canyon)	أمريكا	220	33	لا يوجد
هوفر (Hoover)	أمريكا	220	38	وسط
كاريبا (Kariba)	زامبيا وزمبابوي	130	160	قوي
اوروفيل (Oroville)	أمريكا	240	4	خفيف
واراكامبا (Warragamba)	أستراليا	140	2	وسط

ثالثا : التأثيرات الاجتماعية

يعتبر الناس الذين يعيشون في وادٍ أصبح فيما بعد خزاناً لأحد السدود انهم خسروا بيت العائلة وكافة القرية . فالسد العالي في مصر تسبب في نقل 80,000 شخص إلى أماكن أخرى ، وسد كاريبا تسبب في نقل 60,000 شخص. كذلك فإن منظومة كوركيس للطاقة المائية المقترح إنشاؤها على نهر يانغزي (Yangzi River) ستساهم في غمر 100 مدينة وترحيل أكثر من مليون شخص . وعلى العكس يجب أن نتذكر بانه يمكن للناس الذين يعيشون على ضفاف نهر تفيض ضفتاه كل عام أن يوفر لهم سد المحطة الكهرومائية الاطمئنان بسبب وضع حد للتخريب الذي ينتجه الفيضان. ومن ناحية أخرى فإن التغيير معناه الحرمان من التنّزه على شواطئ النهر لبعض الناس وسرور للآخرين للتنعم بنشاطات مختلفة أخرى .

ويجب أن لا ننسى أنه لا يوجد فقط اختيار بين محطة كهرومائية أو لا شئ ، وإنما يوجد اختيار بين هذا النوع من المحطات ومحطة كهربائية أخرى من نوع آخر . وهنالك نقاش دائم وآراء مختلفة حول الخسائر والأرباح عند مقارنة الاختيارات .

12-7 الآفاق المستقبلية

إن الإنتاج العالمي الحالي من الطاقة يصل إلى 12000 TWh في العام، ويتولد من محطات ذات سعة مقدارها 2700 GW ، وتبلغ نسبة مساهمة الطاقة المائية فيها 22000

TWh ناتجة من سعة مقدارها GW 630 وهو ما يمثل أكثر من 18% من الإنتاج العالمي الكلي المولد من سعة تمثل 23% من سعة المحطات المنصوبة في العالم .

لقد ازداد استهلاك الطاقة الكهربائية في مجموع دول العالم بنسبة 40% خلال الثمانينات، وذلك بزيادة سنوية مقدارها 304% . ومن الملاحظات اللافتة للنظر أن الاستهلاك السنوي للدول النامية قد ارتفع إلى حوالي ضعف هذه النسبة .

13-7 المحطات التقليدية الكبيرة

توجد حالياً معظم إمكانيات تطوير محطات الطاقة المائية في المناطق الأقل تقدماً . وأن عدداً من المشاريع ذات السعة الكبيرة والتي أنجزت منذ وقت قليل أو هي تحت الإنشاء تقع في دول أمريكا الجنوبية وآسيا وإفريقيا.

هذه المحطات الكبيرة ، ستوفر بدون شك قدرة كهربائية كبيرة لمساحات من مختلف مناطق العالم . ففي معظم الدول النامية التي تعاني من مشاكل اقتصادية سيشكّل إنشاء مثل هذه المحطات سيشكل عبئاً كبيراً عليها قد يصل إلى ربع أو أكثر من الاستثمارات الكلية في بعض البلدان . وفي بعض الدول يكون معامل الحمل دائماً قليلاً لأن منظومة التوزيع تفشل في مسايرة سعة المحطات، ولهذا فإن أحد البحوث التي أجريت حديثاً تدعو إلى التركيز على كفاءة الأنظمة القديمة وتحسينها بدلاً من التركيز بصورة منفردة على توسيع سعة المحطات. ولكن هذه الملاحظات لا تعني إيقاف تطور المحطات الكهرومائية أو التركيز فقط على تطوير منظومات نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية .

إن المحطات الكهرومائية لا تزيد المشاكل البيئية التي يعاني منها عالم اليوم ، ولا تستهلك من مصادر طاقته التقليدية الناضبة، ولهذا فإن الاستغلال الأمثل لهذه المصادر سيكون أثره على الحياة واضحاً جداً . والمحطات الكهرومائية الكبيرة تحتل مساحة واسعة قد تساهم في التأثير على بعض المجتمعات المأهولة بالسكان ، وتسبب تغيراً غير مقبول في حياة الاجتماعية للبعض منهم ولكن أنصار إنشاء مثل هذه المحطات يعتقدون انها تساعد على تحسين البيئة التي تسيء إليها محطات توليد الطاقة الكهربائية الاعتيادية أو النووية .

أما بالنسبة إلى الدول الصناعية فإن امكانيه إنشاء محطات كبيرة فيها مستقبلاً محدوده جداً . فبعض هذه الدول لها مجال قليل من حيث المساحة أو لا يوجد لديها مجال كلياً لبناء مثل هذه المحطات ، وبعض الدول الأخرى كالولايات المتحدة وسويسرا والنرويج طاقتها المشيدة تكاد تقترب تماماً من الإمكانيات المتاحة . فالولايات المتحدة الأمريكية تبلغ السعة الحالية لمحطاتها أكثر من 72 جيغاوات ومن المحتمل أن تزداد لحوالي 20% خلال العقد القادم ، ولكن معظم هذه الزيادة سيحصل من تطوير المحطات الموجودة حالياً وتحسينها.

أما السعة الكلية الحالية للدول الأوروبية فهي تعادل 60 جيغاوات والزيادة المتوقعة لهذه الدول سوف لن تكون أكثر من 10% ومعظمها ينتج من تحسين المحطات الحالية .

14-7 المحطات الكهرومائية الصغيرة

إلى حّد الآن لم يتم تقدير السعة الكهربائية التي يمكن أن تنتجها المحطات الصغيرة في العالم بالرغم من أن هنالك دراسات في دول مختلفة حول هذا الموضوع ، ولكن يجوز القول أن المحطات الصغيرة يمكن أن تنتج طاقة تتراوح بين 10% و 25% من سعة المحطات الكبيرة . والإنتاجية الحالية تقدر بحوالي 25 جيغاوات (GW) . أما أغلب المحطات الموجودة فهي في الصين إذ يبلغ إنتاجها 10 جيغاوات .

ويوجد لأكثر من 70 بلداً من مختلف أنحاء العالم خطط لإنشاء محطات صغيرة . ففي فنصف إنتاج الصين ، ناتجاً من محطات صغيرة. أما بالنسبة لبقية أنحاء العالم فالنسبة هي 1% فقط .

هنالك سببان يحولان دون توسع استخدام المحطات الصغيرة ، الأول هو رغبة معظم الدول ومعظم شركات الكهرباء في بناء محطات كبيرة والثاني هو مسألة التمويل المادي .

إن مشكلة المحطات الكهرومائية تكمن في الكلفة الأولية اللازمة لنصبها أذ أن كلفتها أكبر بكثير من كلفة تشييد محطات الوقود التقليدي. إلاّ أنّه بامكانها أن تغطي نفقاتها (PayBack) بعد فترة، وتبقى بعد ذلك تعمل لفترة طويلة مجاناً .

ولضمان تقدم ملموس في نصب المحطات الصغيرة فإنه يتوجب القيام ببعض التغييرات منها :

أ - تقليل الكلفة بواسطة تطوير تكنولوجية هذه المحطات والتخفيض من كلفة منظوماتها.

ب - تغيير عناصر التمويل المادي أو تغيير بعض السياسات الحكومية للتمويل لتصبح بنسبة فائدة قليلة .

جـ - قيام الحكومات بتمويل إنشاء منظومات المحطات الصغيرة .

أسئلة تقويمية

١. كيف يتم استخلاص الطاقة من المصادر المائية ؟
٢. ما هي النسبة المئوية لمساهمة الطاقة المائية في الاستهلاك العالمي للطاقة الكهربائية ؟
٣. ما هي أنواع العَنفات المستخدمة حالياً في المحطات الكهرومائية ؟
٤. ما الفرق بين محطات توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة المائية الكبيرة السعة والقليلة السعة ؟
٥. ما هي الإمكانيات المستقبلية المتوفرة لاستغلال مصادر الطاقة المائية ؟
٦. ما هي التأثيرات البيئية الناجمة عن استخدام السدود في المحطات المائية ؟