

مشروع سد
المضائق
الثلاث

September 20

2010

إعداد

www.kawngroup.com

م. محمد نور زوكار & م. لمى الفخري

مشروع سد المضائق الثلاث China Yangtze Three Gorges Project (TGP)

مقدمة عامة عن المشروع :

تم تصميم المشروع من قبل المهندس سان يات-سين Sun Yat-sen عام ١٩١٩ حيث تم تصميمه على اساس ان السد يمكن ان يولد ٢٢,٣٧١ ميغا واط كهرباء . عام ١٩٣٢ بدأت الحكومة القومية بقيادة شيانغ كاي-شيك Chiang Kai-shek بالعمل التمهيدي والتخطيط الهندسي للسد . عام ١٩٣٩ احتلت القوات اليابانية المنطقة وقامت بعمل مسح ودراسات لها بخطة من اليابان لتظهر تفوقها على الصين، عام ١٩٤٤ تدخلت الولايات المتحدة الامريكية حيث قدمت شركة هندسية تصاميم ودراسة للنهر وامكانية بناء سد عليه لمشروع المضائق الثلاث . حيث تم ارسال حوالي ٥٤ مهندس صيني الى الولايات المتحدة للتدريب.تم العمل على التصميم،والدراسة، والمسح، والاستكشاف لكن توقف العمل على المشروع في عام ١٩٤٧ بسبب الحرب الاهلية الصينية .

بعد النصر الشيوعي عام ١٩٤٩ دعم الزعيم ماو تسي تونج Mao Zedong المشروع لكن كان مشروع سد Gezhouba بدأ قبل الشروع بمشروع سد المضائق الثلاث لذا وبسبب بعض المشاكل الاقتصادية أبطأت من سير المشروع ،عام ١٩٥٨ المهندسين الذين وقفوا ضد بناء السد تم سجنهم .

كان الزعيم ماو تسي تونج مفتوناً بالمشروع وكتب عنه شعرا بعنوان "سباحة" وذلك بعد الفيضانات عام ١٩٥٤ .في الثمانينات انتعشت خطط المشروع وتم التصويت عام ١٩٩٢ على بناء السد بمؤتمر الشعب الوطني بالصين من قبل ٢,٦٣٣ شخص تم موافقه من ١,٧٦٧ شخص ولم يوافق ١٧٧ وامتنع عن التصويت ٢٥ عضو .

بدأالبناء بالسد في ١٤ ديسمبر كانون الاول عام ١٩٩٤ حيث كان يتوقع ان يعمل عام ٢٠٠٩ لكن وبسبب مشاريع اضافيه مثل محطه الكهرباء تحت الأرض التي تعمل بستة مولدات اضافية يتوقع ان يعمل السد بالكامل عام ٢٠١١ .تم رفع مستوى الماء في بحيرة السد في نهايه عام ٢٠٠٨ للمرة الثالثة الى ارتفاع ١٧٢.٥ متر.



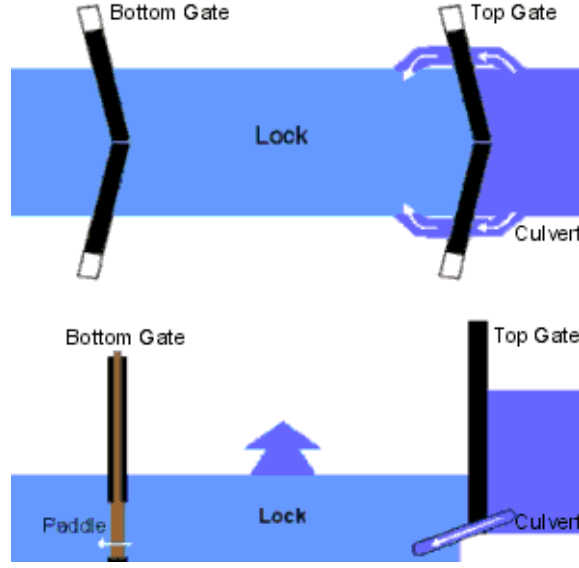
حجم المشروع :

صمم مشروع المضائق الثلاثة على نهر اليانجزي في الصين China Yangtze Three Gorges Project (TGP) ليكون المفتاح الأساسي لتحسين وتطوير النهر. حيث يقع السد المنشأ في مضيق كسيلنجكسيا Xilingxia gorge على إحدى ٣ مضائق على النهر الذي يسيطر على منطقة تصريف ١ مليون km^2 بتقريغ سنوي متوسط $٤٥١ km^3$. الوادي في موقع السد هو منطقة من الغرانيت كونت حجر الأساس وفرت الشروط الجيولوجية والطبوغرافية المناسبة لبناءه. مشروع TGP هو مشروع تنمية متعدد الأهداف والمنافع منها توليد الطاقة و السيطرة على الفيضانات والملاحة وغيرها. يتكون المشروع من جسم السد النهري river dam، قنوات التصريف spillway structures، محطة التوليد powerhouse، ابنية للملاحة buildings for navigation، ومصعد السفن ship lift وغيرها.



من الصورة يمكن تقسيم السد الى ٣ اقسام الجزء اليميني واليساري وفي منتصف السد قنوات التصريف. المحطة تحت الارض التي لازالت قيد الانشاء تقع على يسار السد ومخبأة في الجبال جسم السد من الخرسانة وطوله بحدود ٢٣٠٩ متر، ارتفاعه ١٨٥ متر وسماكته ١١٥ متر في القاع و ٤٠ متر في القمة .

تم استخدام ٢٧,٢٠٠,٠٠٠ متر مكعب من الخرسانة في هذا المشروع و ٤٦٣,٠٠٠ طن من الفولاذ وهي كمية كافية لبناء ٦٣ برج ايفل ، وتم نقل ١٠٢,٦٠٠,٠٠٠ متر مكعب من الارض. مصعد السفن على يمين السد والهويس ship lock (منشأة ملاحية فائدتها نقل المراكب والسفن وخلافه من منسوب مياه لمنسوب مياه اخر في المجرى المائي سواء كان نهر أو قناة مائية او غيرها) على يمين المصعد .



عندما يكون مستوى ارتفاع الماء بحده الاقصى ١٧٥ متر عن مستوى البحر اي ١١٠ متر فوق مستوى جريان سطح النهر المنخفض الخزان يكون عندها يغطي ٦٦٠ كيلو متر طولاً و ١.١٢ كيلو متر عرضاً كمتوسط وتحتوي على ٣٩.٣ كيلو متر مكعب من الماء. مساحة الخزان الكلية بحدود ١,٠٤٥ كيلو متر مربع. فيضان الخزان يؤدي الى انغمار ٦٣٢ km² من الارض مقارنة مع سد ايتيبو Itaipu الذي يغمر ١,٣٥٠ km² من الارض فهو رقم جيد .

توليد ونقل الطاقة الكهربائية :

الاستطاعة الكلية المولدة Total generating capacity:

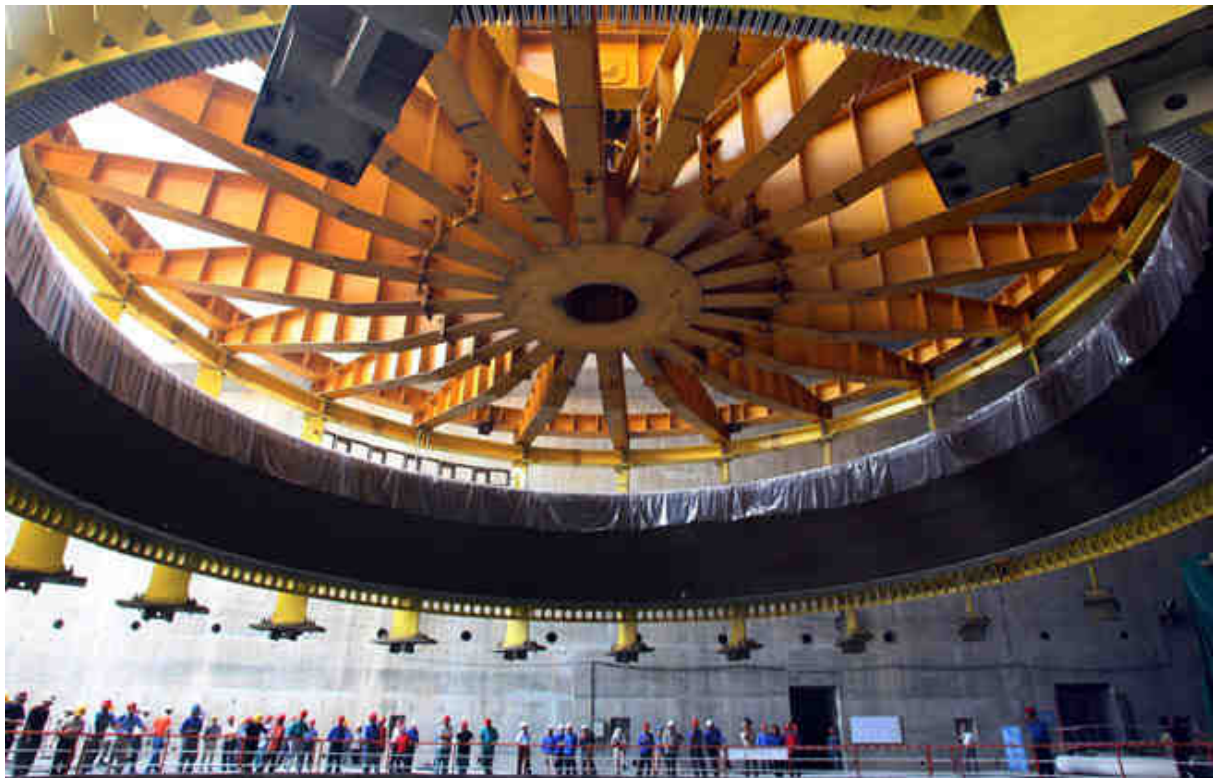
مشروع المضائق الثلاثة هو أكبر مشروع طاقة مائية مركب hydropower-complex project في العالم، حيث ان استطاعته ٢٢,٥٠٠ MW. حيث انه يحتوي على ٣٤ مولد : منها ٣٢ مولد اساسي كل واحد باستطاعة ٧٠٠ MW بالاضافة الى مولدين كل واحد باستطاعة ٥٠ MW. يتوضع ١٤ مولد في شمال السد و ١٢ في الجانب الجنوبي وال ٦ مولدات الباقية (لا زالت قيد الانشاء) تتوضع تحت الارض في الجبال جنوب السد. بعد الانتهاء من العمل في المشروع يتوقع ان يكون توليد الكهرباء اكثر من ١٠٠ TWh، اي ١٨% اكثر من المتوقع قبل اضافة ال ٦ مولدات عام ٢٠٠٢ حيث كان من المتوقع ان ينتج ٨٤.٧ TWh .

المولدات Generators:

كل من المولدات الرئيسية يزن حوالي ٦,٠٠٠ طن ومصمم ليولد على الاقل ٧٠٠ MW الارتفاع المصمم ليولد عنده المولد ٨٠ متر وبتدفق ما بين ٦٠٠ الى ٩٥٠ m³/s حسب الارتفاع. استخدم في مشروع المضائق الثلاث عنفات فرانسيس Francis turbines قطر كل توربين ١٠.٤/٩.٧ m (صممت من قبل شركتي VGS design/Alstom's design). يدور بسرعة ٧٥ rpm القوة المقدره الاسمية هي ٧٧٨ MVA باستطاعة اعظمية ٨٤٠ MVA

وعامل استطاعه ٠.٩ . ينتج المولد طاقة كهربائية عند ٢٠ kV. القطر الخارجي للعنفة هو ٢١.٤/٢٠.٩ m. والقطر الداخلي ١٨.٥/١٨.٨ m. ارتفاع الثابت ١٨.٥/١٨.٨ m. وهو الأكبر عالميا. الحمل على الوصلات ٥٥٠٠/٥٠٥٠ طن. المردود الوسطي للمولدات ما بين ٩٤% الى ٩٦.٥% . تم تصنيع المولدات بالتعاون ما بين مجموعتين من الشركات اول مجموعه هي Motor. والمجموعة الثانية Voith, General Electric, Siemens وتختصر VGS. وبالاضافه الى the Chinese company Oriental Motor. حيث تم توقيع اتفقيه نقل التقانه مع العقد. اغلب المولدات مبرده بالماء وبعضها وهو الأحدث مبرد بالهواء حيث يمتاز بانه اسهل للتصميم والصناعة والصيانة .





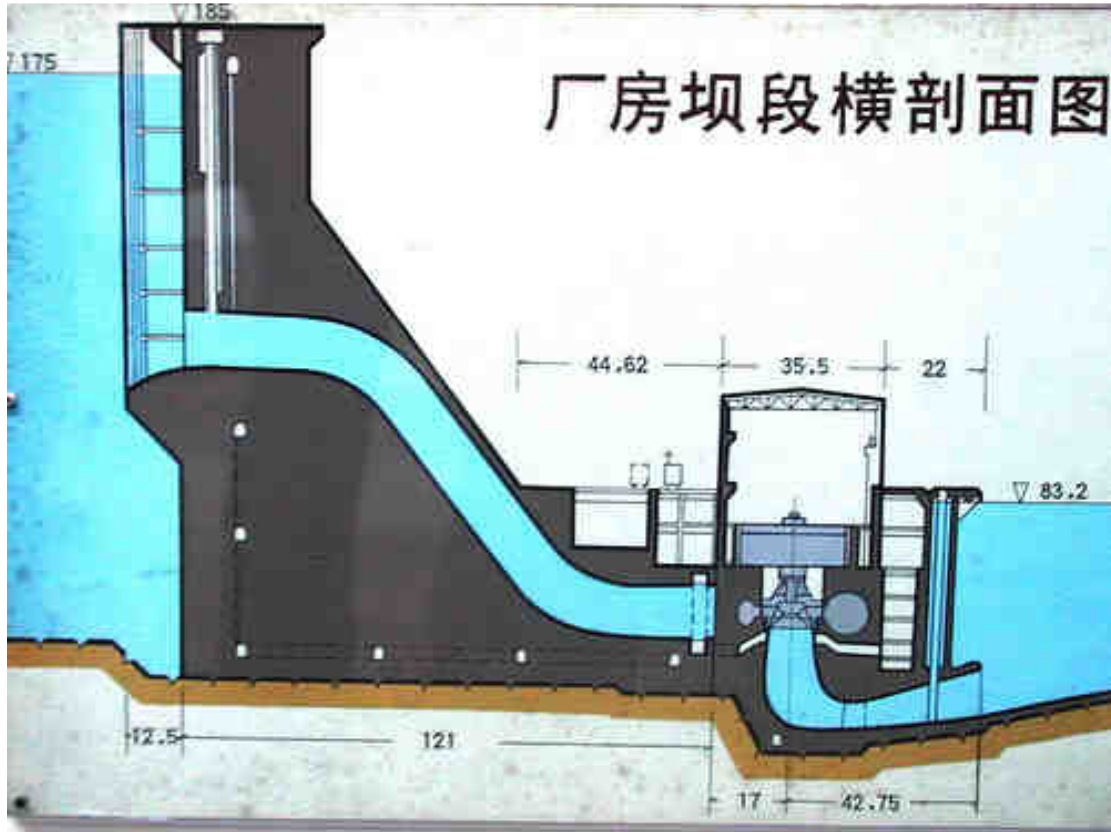
تركيب المولدات :

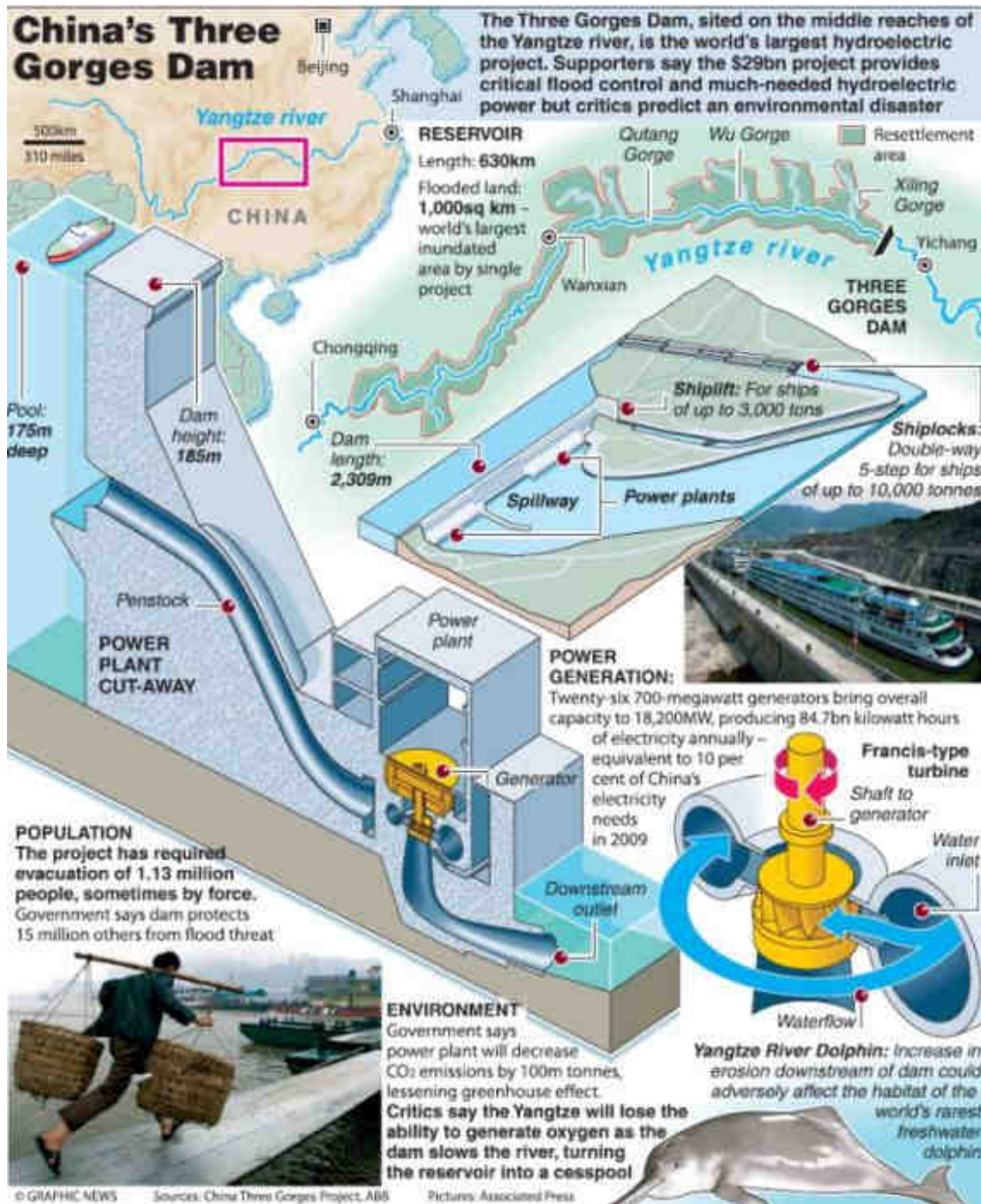
القدرة الكلية المركبة حاليا هي ١٨.٣٠ GW. تم تركيب ١٤ مولد في الجانب الشمالي للسد. اولها هو المولد رقم ٢ بدأ التوليد في ١٠ يوليو/تموز عام ٢٠٠٣ واخرها وهو رقم ٩ بدأ التولد في ٧ سبتمبر/ايلول عام ٢٠٠٥. وعملت جميع المولدات على استطاعتها الكلية (٩,٨٠٠ MW) في ١٨ اكتوبر/تشرين الأول عام ٢٠٠٦ حيث تم رفع مستوى الماء (الضاغط) الى ١٥٦ m.

تم تركيب المولدات ال ١٢ في الجانب الجنوبي من السد حيث ان اول مولد ركب هو المولد رقم ٢٢ وبدأ العمل ب ١١ يونيو/حزيران ٢٠٠٧ والمولد الاخير وهو رقم ١٥ تم تركيبه في ٣٠ اكتوبر/تشرين الأول ٢٠٠٨ .

المولد السادس الذي تم تركيبه بالجانب الجنوبي ذو الرقم ١٧ بدأ العمل في ١٨ ديسمبر/كانون اول ٢٠٠٧ حيث كانت القدرة الكلية للسد ١٤.١ GW مما جعله يتفوق على سد Itaipu باستطاعه ١٤ GW مما جعله اكبر محطه كهرومائية بالعالم .

تمت اضافة ٦ مولدات تحت الارض للمشروع في عام ٢٠٠٦ ولا زالت قيد الانشاء .

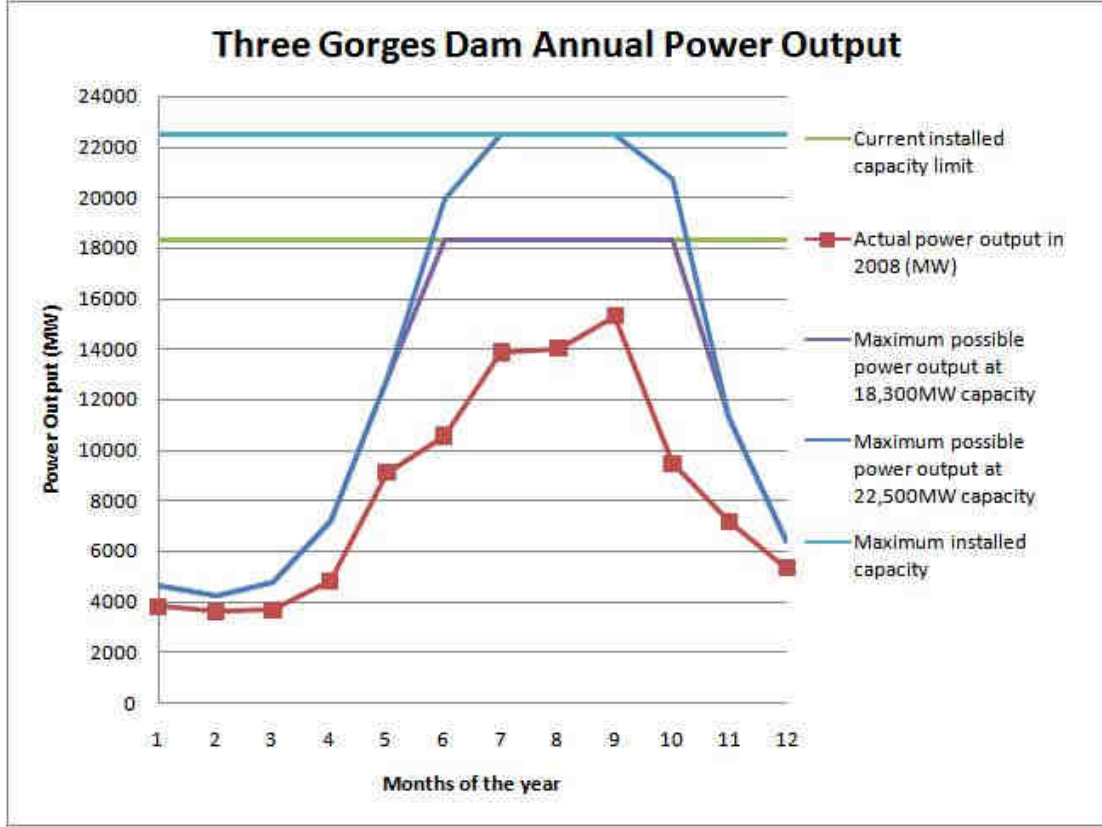




توليد الكهرباء :

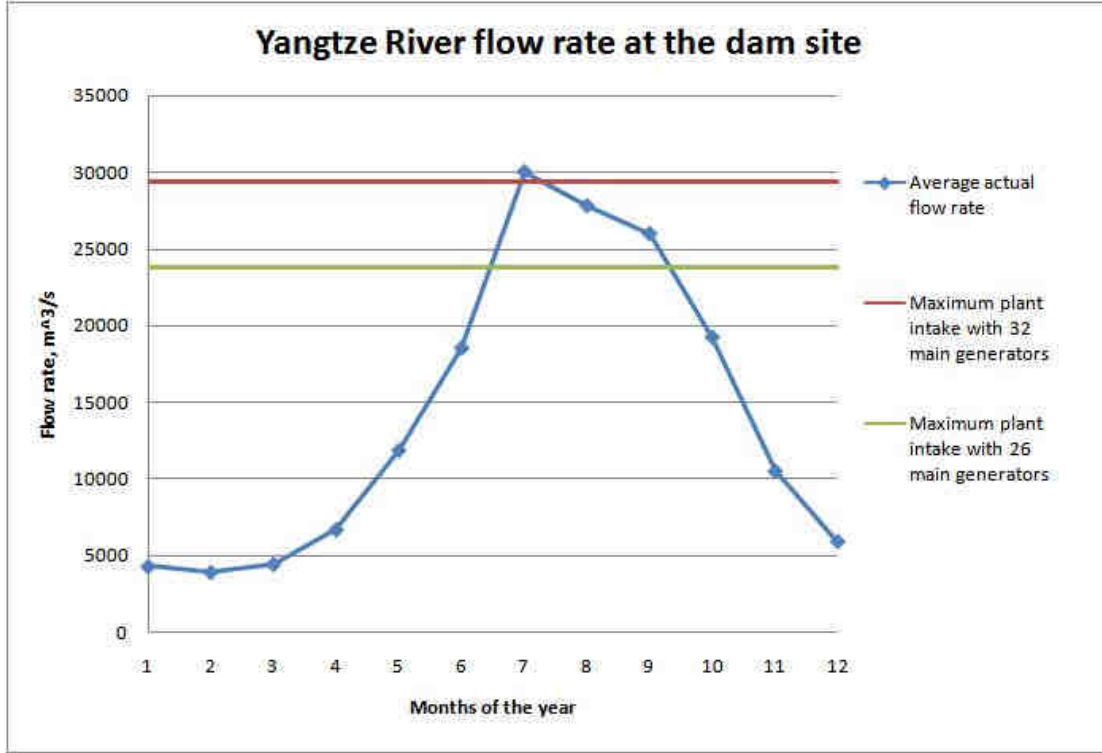
الى يوم ١٦ سبتمبر/ايلول عام ٢٠٠٩ تم التوليد من مشروع المضائق الثلاث ٣٤٨.٤ TWh ، وهو اكثر من ثلث التوليد اللازم لتغطية كلفة المشروع ١,٠٠٠ TWh. باستطاعه مركبة تقدر بجوالي ١٨,٣٠٠ MW تكون اكبر من استطاعه سد Itaipu بمقدار ٤,٣٠٠ MW . في يوليو /تموز ٢٠٠٨ ولد سد المضائق الثلاث ١٠.٣ TWh وهي اول مره ينتج فيها اكثر من ١٠ TWh خلال شهر واحد. في ٣٠ يونيو /حزيران ٢٠٠٩ حين كان تدفق النهر اكبر من 24,000 m³/s كانت تعمل كل المولدات ال٢٦ ووصل التوليد لحد ١٦,١٠٠ MW وهو اقل من

استطاعة الاعظمية ١٨,٣٠٠ MW لان الضاغط خلال موسم الفيضان يكون اقل من الضاغط المطلوب للوصول الى الاستطاعة العظمى .



خلال الفيضان الذي حدث في اوائل اغسطس / اب ٢٠٠٩ وصل المشروع للحد الاقصى للانتاج للمرة الاولى لفترة قصيرة وذلك بسبب التدفق القوي للنهر وبسبب ارتفاع مستوى المياه .

خلال فصول الجفاف من نوفمبر/تشرين الثاني الى مايو/مايس تحدد نسبة الطاقة المولدة بتدفق النهر. من الشكل التالي يتبين انه في اشهر الفيضانات تتحدد استطاعته التوليد حسب قدرة واستطاعته المولدات. تم حساب الاستطاعه بالشكل اعتمادا على نسبة التدفق المتوسط للنهر في موقع السد بافتراض ان ارتفاع الماء ١٧٥ m وكفاءة التوليد الاجمالية ٩٠.١٥%. الناتج الحقيقي للطاقة عام ٢٠٠٨ حصل عليه بناء على كمية الكهرباء المرسله الى الشبكة بالشهر الواحد. هناك عدة اسباب تفسر كون الناتج الفعلي للكهرباء اقل بكثير من القيمة الاعظمية للتوليد.



اولاً: لان السد لم يكن يعمل على الضاغط الاسمي له $175\text{ m}^3/\text{s}$ معظم ايام سنة ٢٠٠٨، هذا يعني ان طاقة الماء المتدفق عبر السد له اقل من الطاقة اللازمة لتوليد طاقته الأعظمية. بالإضافة الى انه في فصل الفيضان تم تخفيض مستوى الماء في السد الى 145 m حتى يتسح مجال لاحتواء الفيضانات.

ثانياً: بعض المولدات لم يتم تركيبها الى خلال عام ٢٠٠٨ ولهذا فان المحطة لم تصل الى قدرتها الحالية الى نهاية السنة.

يضاف الى ذلك ان الرقم قد يكون اصغر بقليل من الطاقة الكلية المسجلة في الجدول التالي وذلك لان الرسم البياني اعتمد على الكهرباء المرسله الى الشبكة العامة بينما الجدول اعتمد على الكهرباء المولدة الكلية.

كمية الكهرباء المتولدة بالسنة		
TWh	عدد الوحدات المركبة	السنة
8.607	٦	٢٠٠٣
39.155	١١	٢٠٠٤
49.090	١٤	٢٠٠٥
49.250	١٤	٢٠٠٦
49.250	٢١	٢٠٠٧
80.812	٢٦	٢٠٠٨
79.47	٢٦	٢٠٠٩
367.984	26(32)	المجموع

توزيع الطاقة الكهربائية :

بيعت الكهرباء المولدة من مشروع سد المضائق الثلاث الى شبكة كهرباء الدولة State Grid Corporation والى شبكة كهرباء الصين الجنوبية China Southern Power Grid بسعر ثابت ¥250 لكل ميغا وات ساعي (US \$35.7) حتى ٢ يوليو/تموز ٢٠٠٨. السعر الحالي للكهرباء المولدة اختلف من محافظة الى اخرى وهو يتراوح ما بين ¥230.6 الى ¥311.1 لكل ميغا وات ساعي. تستهلك اليوم من كهرباء السد ٩ محافظات و مدينتين منها شنغهاي Shanghai. البناء التحتي لشبكة نقل وتوزيع كهرباء سد المضائق الثلاث كلفت ما يعادل ٣٤.٣٨٧ بليون يوان. حيث تم الانتهاء منها في ديسمبر/كانون الاول عام ٢٠٠٧ اي قبل الوقت المحدد لبنائها بسنة. تم ارسال الطاقة في الى ٣ اتجاهات. خط نقل تيار مستمر ٥٠٠ kV DC نقل الى شبكة شرق الصين باستطاعة ٧,٢٠٠ MW. وتم ارسال ٣ خطوط تيار مستمر بتوتر عالي ٥٠٠ kV DC : خطا نقل للعاصمة شنغهاي احدها - HVDC Three Gorges-Shanghai باستطاعة (3,000 MW)، والثاني HVDC Gezhouba - Shanghai (1,200 MW)، اما الخط الثالث هو HVDC Three Gorges-Changzhou (3,000 MW). الاستطاعة الكلية لخط النقل 500 kV AC الواصل الى شبكة النقل في وسط الصين 12,000 MW.



في الخطة الرئيسية كان المتوقع من السد أن يؤمن ١٠% من الكهرباء المستهلكة في الصين و لكن مع ازدياد الطلب على الكهرباء في الصين لأكثر ما هو متوقع فان السد يؤمن فقط ما مقدراه ٣% من استهلاك الصين للكهرباء.

التحكم بالفيضانات :

بالرغم من أن خزان TGP ليس صاحب اكبر قدرة خزان في العالم إلا انه يمكن أن قدرته على حجز الفيضانات المحتملة وتخفيف سرعتها بحدود ٢٧,٠٠٠ ~ ٣٣,٠٠٠ m³/s وهو اكبر عملية سيطرة على ماء في العالم .

عندما يكتمل TGP إن معيار السيطرة على المستويات المتوسطة والمنخفضة لليانجز وخاصة منطقة جينج جيانغ Jingjiang Section سيتم رفع مستوى الحماية حيث أنها كانت محمية وقادرة على اجتياز ١٠ سنوات من الفيضانات إلى ١٠٠ سنة من الفيضانات .اي أن الخمسة عشر مليون شخص و الـ ١.٥ مليون هكتار من الأراضي الزراعية في سهل جيانغان Jiangnan Plain آمنه من تهديدات الفيضان ،ويمكن أيضا تجنب الفيضانات المدمرة القاتلة لمائة عام أخرى.



سجلات فيضانات نهر اليانجز للأعوام (١٩٣١، ١٩٣٥، ١٩٤٩، ١٩٥٤، ١٩٩٨)

في عام ١٩٣١ ضرب الفيضان منطقة بمساحة ١٣٠,٠٠٠ km² حيث هناك مساحة ٣.٣٩ مليون مين.أراضي الزراعية غمرت بالماء و تأثر سلبا ٢٨.٥٥ مليون شخص قتل ما يقارب ١٤٥,٠٠٠ شخص مسببا خسائر مادية تقدر بحوالي ١.٣٤٥ بليون ين.

عام ١٩٣٥ ضرب الفيضان منطقة بمساحة ٨٩,٠٠٠ km² في المنطقة المنخفضة والمتوسطة الانخفاض لنهر الانج بستة محافظات وهي هوبي Hubei ، هنان Hunan و جينجسكي

Jiangxi، أنهوي Anhui ، جيانجسو Jiangsu ، زيجيانج Zhejiang. وتأثر عشرة ملايين شخص وغمرت أراضي زراعية بمساحة ١.٥١ مليون هين. قتل ١٤٢,٠٠٠ شخص وسبب خسائر مادية بقيمة ٥٥٠.٣ بليون ين.



في عام ١٩٤٩ فاض النهر وغمر مساحة ١.٨١ مليون هكتار من الأراضي الزراعية وأثر على ٨.١ مليون شخص وكلف ٥٦٩٩ شخص حياتهم في الجزء المنخفض والمتوسط انخفاضاً من نهر اليانجزي.



عام ١٩٩٨ ضرب الفيضان منطقة واسعة من وادي نهر اليانجزي . وحاربت البلاد كلها ضد الفيضان لمدة ٣ شهور بعدد كبير من الناس والمعدات . أكثر مما قيمته ١٣ بليون آلة و ومعدة تم إحضارها من حول البلاد وحوالي ٦.٧ مليون شخص ومئات الآلاف من الجنود ساعدوا بالعملية . لكن استمرت الخسائر العظيمة لتصل غالى ٢٣٩,٠٠٠ هكتار من الأرض الزراعية غم بالماء و ٢.٣١٦ مليون شخص تأثروا وقتل ما يقارب ١٥٢٦ شخص في المحافظات الأربع هانان Hunan ، هوبي Hubei ، جيانجكسي Jiangxi، وأنهوي Anhui.

الملاحة في النهر :

مياه الخزان خلف سد المضائق الثلاث TGP تمتد الى العاصمة الجنوبية الغربية شونغ-كنغ Chongqing لذا فهو يؤمن ممر مائي ٦٦٠ km، حيث يُمكنُ عشرة الاف اسطول للابحار بين شنغهاي Shanghai و شونغ-كنغ Chongqing. قدرة الملاحة الأحادية الاتجاه السنوية لنهر اليانجتز Yangtze بعد بناء السد ستزيد من عشر ملايين طن الى خمسين طن.



