

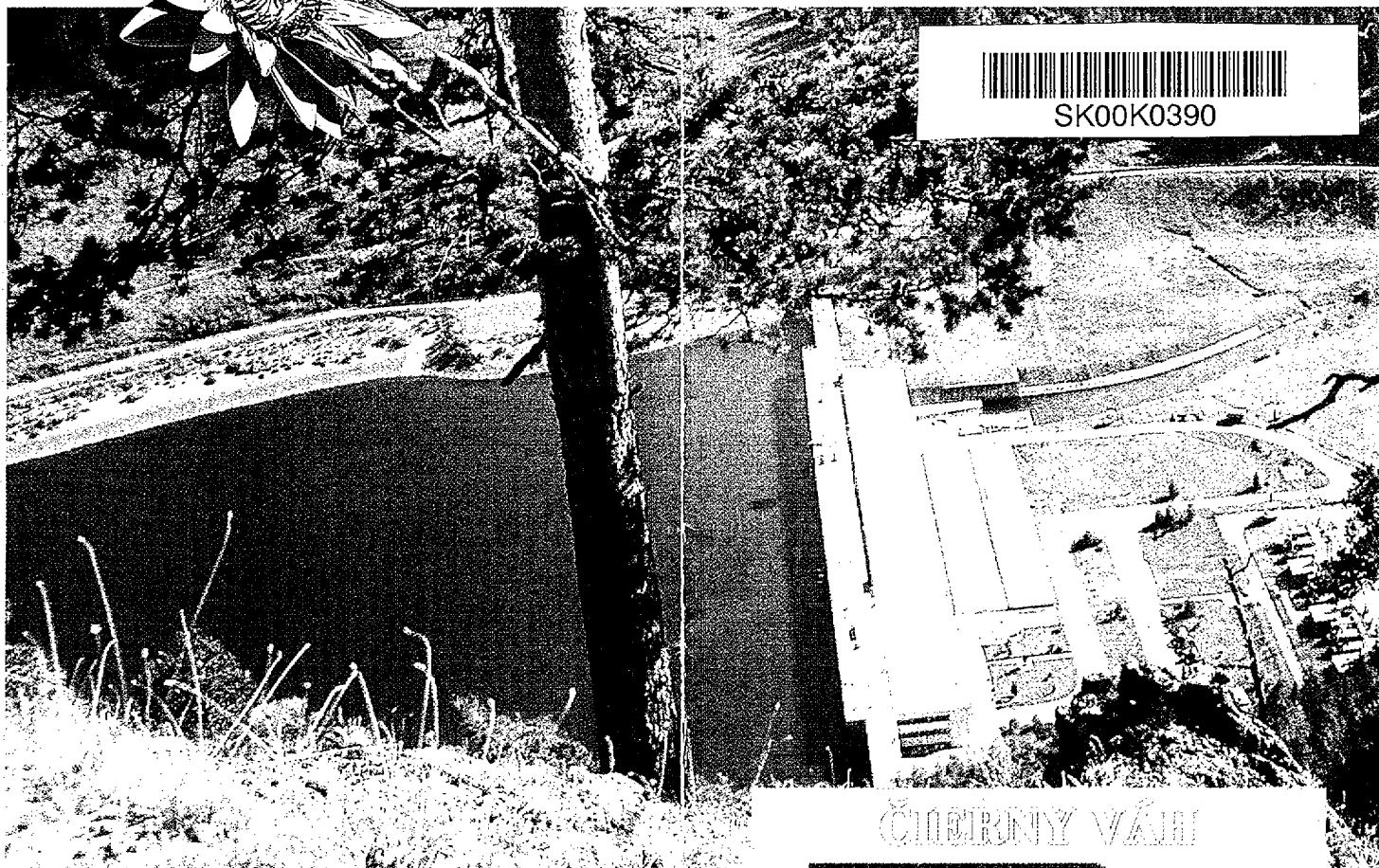
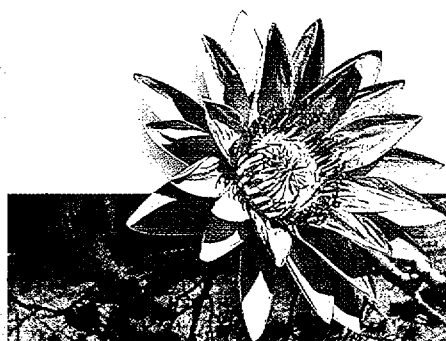
1NIS-SK-00-074



SLOVENSKÉ ELEKTRÁRNE



SK00K0390



ČIERNY VÁH



Vydal: SLOVENSKÉ ELEKTRÁRNE, a.s.
VODNÉ ELEKTRÁRNE TREŇČÍN, o.z.
Soblahovská 2, 911 69 Trenčín
Tel.: ++421 (0)831/570 159

V roku: 1998

Text a odborné podklady: Ing. Eugen Regula
Design: Repros Studio Trenčín



PREČERPÁVACIA VODNÁ ELEKTRÁREŇ PUMPED STORAGE HYDRO POWER PLANT

ČIERNY VÁH

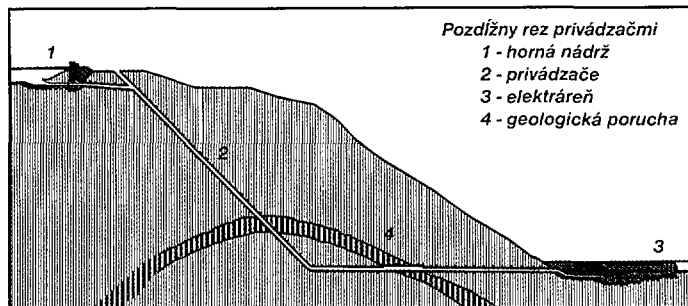
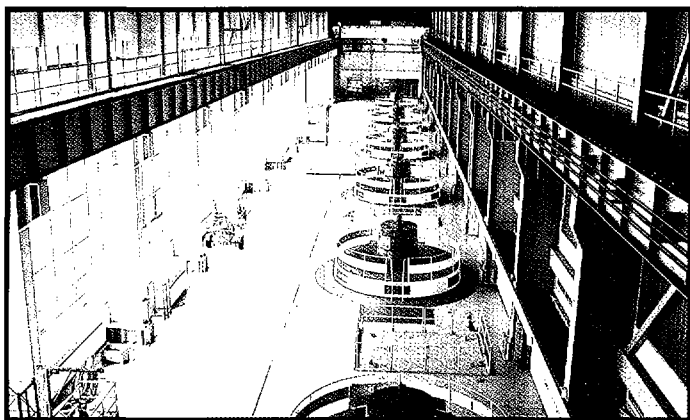
Prečerpávacia vodná elektráreň Čierny Váh bola vyprojektovaná a vybudovaná na zabezpečenie spoľahlivej a kvalitnej dodávky elektrickej energie a pokrývanie zmien zaťaženia elektrizačnej sústavy (ES). V našich podmienkach sú z ekologického, ekonomického, ale hlavne z prevádzkového hľadiska zdrojmi, ktoré operatívne pokrývajú náhle zmeny zaťaženia ES, práve prečerpávacie VE. Primárnym hľadiskom pritom nie je objem výroby elektrickej energie, ale najmä ich prevádzkové vlastnosti pri plnení regulačných funkcií v ES.

V dobe výstavby PVE Čierny Váh mala byť jej hlavnou úlohou špičková prevádzka s dennou akumuláciou, účasť na regulácii frekvencie a výkonu v ES a záskoková funkcia v ES. Po uvedení do prevádzky, ale hlavne po osamostatnení sa slovenskej ES v roku 1994 ustúpili statické funkcie (výroba energie z prečerpávania, bilančné zálohy výkonu, denná regulácia, ...) a väčší význam nadobudli dynamické funkcie (regulácia náhodných zmien zaťaženia ES, okamžité krytie časti denného diagramu zaťaženia, regulácia frekvencie a odovzdávaných výkonov v ES atď.). Po prepojení našej ES so západoeurópskym združením UCPT, kde sú okrem iného prísne kritériá na dodržiavanie salda výkonov, sú hlavnými funkciami prečerpávacích VE:

1. Dynamické služby pre ES
2. Dispečerská rezerva pre výpadok najväčšieho bloku ES
3. Dodržiavanie dohodnutého salda zahraničnej spolupráce
4. Pokrývanie špičiek aj náhlých znížení DDZ.

Prítom v súčasnosti sa pre dynamické funkcie využívajú menšie PVE a funkcia PVE Čierny Váh spočíva v dispečerskej rezerve pre výpadok najväčšieho bloku v ES a v dodržiavaní salda zahraničnej spolupráce. Po uvedení jadrovej elektrárne Mochovce do prevádzky význam PVE a hlavne Čierneho Váhu ďalej vzrástol.

PVE Čierny Váh je našou najväčšou prečerpávacou a podľa inštalovaného výkonu aj najväčšou vodnou elektrárnou. Bola vybudovaná v časti Národného parku Nízke Tatry v Národnej prírodnej rezervácii Turková. Preto museli byť v priebehu výstavby i po jej ukončení dodržané prísne podmienky Štátnej správy ochrany prírody. Takými boli napr. skrátenie doby výstavby, zmena tvaru hornej nádrže, aby sa zmenšil zásah do terénu a výrub lesných porastov, vylúčenie výstavby bytov, sociálnych zariadení trvalého charakteru a staveniskových zariadení z areálu PVE, umiestnenie privádzačov z hornej nádrže do podzemia a sledoval sa aj minimálny záber pôdy a začlenenie objektov PVE do tohoto prírodného prostredia. Komplexné riešenie dopadov výstavby i celého diela po jej ukončení na flóru a faunu dotknutej oblasti riešil Lesobiotechnologický projekt na účet energetiky.



Stavebné je celé dielo rozdelené na štyri časti:

Horná nádrž je umelá, bez prirodzeného prítoku vody, vybudovaná výkopom a násypom na kóte Neznáma v nadmorskej výške viac ako 1150 m. Návodný svah so sklonom 1 : 2 a dno nádrže sú tesnené asfaltobetónovým plášťom. V päte nádrže je po celom obvode vybudovaná štôľňa na kontrolu priesakov. Využitelný objem nádrže je 3,7 mil. m³ a prevádzkové hladiny

NÁDRŽE / RESERVOIRS		horná/upper	dolná/lower
prevádzková hladina operating level	maximálna [m n.m. Bpv] maximum [above sea level]	1160,0	733,45
	minimálna [m n.m. Bpv] minimum [above sea level]	1135,0	726,0
objem/volume	celkový/total [mil. m ³]	3,7	5,1
	úžitkový/utilizable [mil. m ³]	3,7	3,7
dĺžka vzdutia / length of backwater [km]			2,0
dĺžka hrádze / length of dam [m]			375

A Čierny Váh pumped storage hydro power plant (PSP) has been designed and built for providing the reliable and quality electric energy supply and for covering load changes of an electrification system (ES). It is mainly the pumped storage hydro power plants which in our conditions are the sources operatively covering the sudden changes of the ES load from the ecological, economic but mainly from the operational point of view. The electric energy generation volume is not the primary standpoint but especially their control functions in the ES.

During the building of the Čierny Váh PSP the peak operation with the daily accumulation, participation in frequency control and output in ES and the compensation function in ES were to be its main tasks. After putting it into operation but especially after its becoming independent of the Slovak ES in 1994 the static functions (energy generation from pumping, balance output reserves, daily control,...) gave way to dynamic functions which gained greater importance (sudden load changes control of ES, immediate meeting of the daily load diagram, frequency control and outputs given in ES, etc.) After interconnection of our ES with the UCPT, West European association in which there are besides other things, the strict criteria for observing balance of outputs, the main functions of PSPs are as follows:

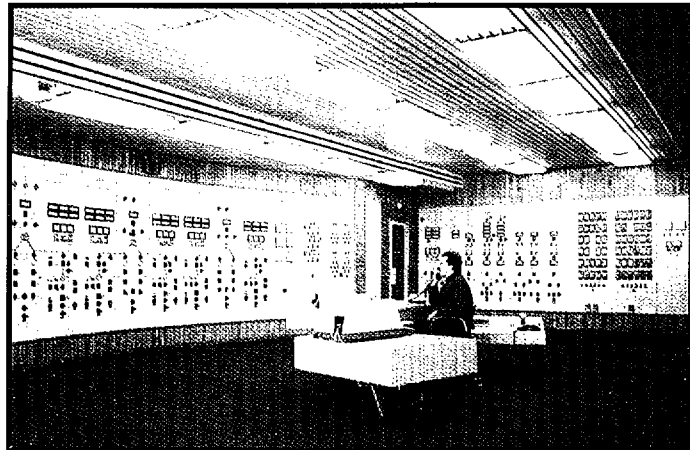
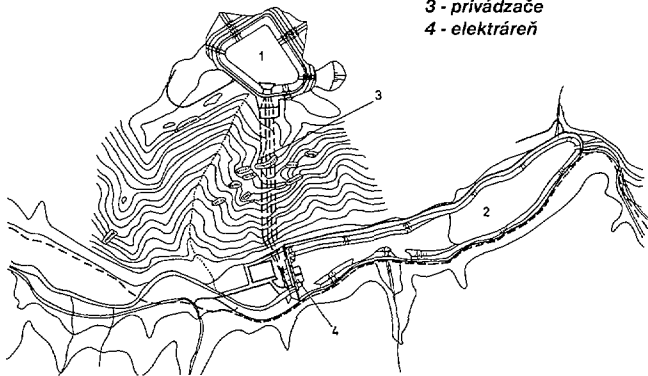
1. Dynamic services for ES
2. Dispatching reserve for the fall out of the greatest ES block
3. Observing the foreign cooperation balance agreed
4. Compensation of peaks and also of sudden daily load diagram reductions.

While at present smaller PSPs are utilized for dynamic functions and the function of the Čierny Váh PSP consists in the dispatching reserve for the fall out of the greatest block in ES and in observing the foreign cooperation balance. The importance of the PSP and mainly of Čierny Váh has increased after putting a Mochovce atomic power station into operation.

The Čierny Váh PSP is our biggest pumped storage hydro power plant and our biggest hydro-plant according to installed capacity. It was built in the part of the Nízke Tatry National Park in the Turková National Natural Reservation. Therefore, the strict conditions of the Nature Protection State Administration had to be observed during its building and after its finishing.

Situácia PVE Čierny Váh

- 1 - horná nádrž
- 2 - dolná nádrž
- 3 - privádzače
- 4 - elektrárneň



These conditions included e.g. reduction of the building period, the change of the upper reservoir shape in order to reduce intervention into terrain and overbreaks of forests, excluding of building flats, permanent amenities and site facilities from the PSP area, placing of the penstocks from the upper reservoir into underground and also the minimum soil catch was observed and inclusion of the PSP objects into this natural environment. The complex solution of building impacts and of the whole work after its finishing on flora and fauna was solved by a Forest and Biotechnological Project to the account of power engineering.

All the work is divided into four parts from the building point of view:

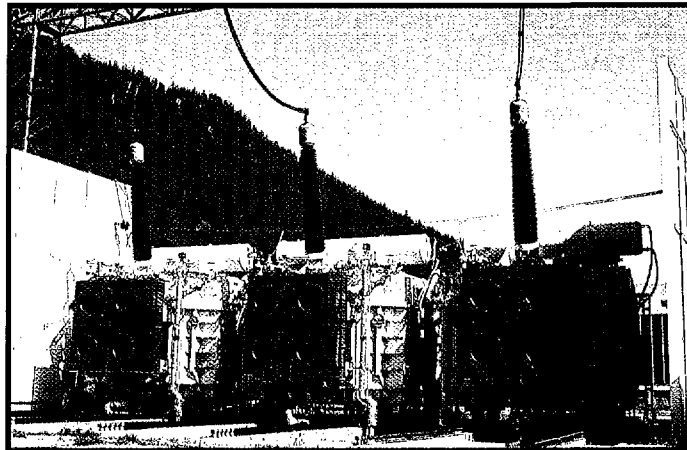
The upper reservoir is an artificial one without the natural water inflow, built by excavation and slope on an Unknown elevation more than 1 150 m above sea level. A leading slope with a gradient 1 : 2 and a bottom of the reservoir are sealed by a bituminous and cement coat. In a footing of the reservoir along its perimeter there is a tunnel for leakage water controlling. The utilizable reservoir volume represents 3,7 mil m³ and operating levels fluctuate by 25 m between the elevations 1 160 and 1 135 m above sea level. An inflow object is incorporated into the perimeter of a dam for three intake pipes and the communication tunnel exit with an inclined lift. An approach from Svarín is 7,5 km long utilizing the former forest roads.

Underground conduits and the communication tunnel. There are three intake pipes with diameter of 3,8 m respectively, each of them in front of the hydro power plant is ended in

medzi kótami 1160 a 1135 m n.m. BpV kólišu o 25 m. Do obvodu hrádze je včlenený vtokový objekt pre tri privádzače a vyústenie komunikačného tunelu so šikmým výťahom. Príjazdová komunikácia zo Svarína je dlhá 7,5 km a využíva bývalé lesné cesty.

Podzemné privádzače a komunikačný tunel. Privádzače priemeru 3,8 m sú tri, každý je pred elektrárnou ukončený guľovou odbočnicou, ktorá privádzač rozvetví na dve turbíny a dve čerpadlá. Pred turbínou a čerpadlom sú guľové uzávery. Hrúbka oceľového panciera privádzačov je od 12 do 43 mm. Pozdĺžne sa privádzače delia na vodorovné časti (spodná a vrchná) a šikmú časť so sklonom 45°. Vedľa privádzačov je situovaný samostatný komunikačný tunel v šikmej časti s výťahom Fy Alimak.

Elektrárneň tvorí časť telesa dolnej nádrže. Je v nej šesť vertikálnych prečerpávacích agregátov v trojstrojovom usporiadaní : motorgenerátor - turbína - čerpadlo. Medzi turbínou a čerpadlom je hydraulicky ovládaná zubová spojka zasúvateľná za kľudu a vysúvateľná aj počas chodu agregátu. Turbína je počas čerpania zavzdušnená. Turbíny typu Francis majú priemer obežného kola 2600 mm. Čerpadlá sú jedonátokové, dvojstupňové. Pôvodne inštalovaný výkon 6 x 111,6 MW bol v roku 1985 po overení a skúškach s dodávateľom technológie zvýšený pri prehltní turbíny na 6 x 122,4 MW. Na prevedenie prirodzených prietokov Čierneho Váhu je v budove elektrárne inštalovaný agregát TG7 s Kaplanovou turbínou s inštalovaným výkonom 0,768 MW a hltnosťou 4,5 - 8 m³.s⁻¹.



a spherical distributor branching out the pipeline into two turbines and two pumps. There are spherical valves in front of the turbine and the pump. The steel armour thickness of the intake pipes ranges from 12 to 43 mm. The intake pipes can be longitudinally divided into horizontal parts (lower and upper) and an inclined part with inclination 45°. An independent communication tunnel with the Alimak lift in the inclined part is placed by the conduits.

The hydro power plant is a body part of the lower reservoir. In it there are six vertical pumping aggregates in the threemachine layout: the motor-generator - the turbine - the pump. Between the turbine and the pump there is a hydraulically controlled claw clutch engaging at rest and disengaging also during the aggregate operation. During pumping air is involved inside the turbine. The Francis turbines have the diameter of a runner 2 600 mm. The pumps are single-inlet, two-stage. In 1985 the originally installed capacity 6 x 111,6 MW was increased in absorption capacity of the turbine to 6 x 122,4 MW after verification and tests by a supplier of technology. A Kaplan turbine TG7 set with installed capacity 0,768 MW and absorption capacity from 4,5 to 8 m³.s⁻¹ is installed for performing the natural flows of Čierny Váh in a building of the hydro power plant.

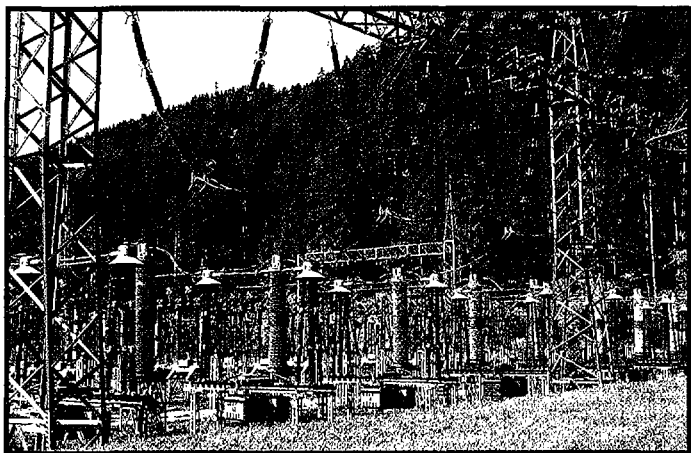
The lower reservoir with relaying of the road. The dam of the lower reservoir into which the building of the hydro-plant is included is concrete, gravitational. There is a levee on the aerial side for implanting greens and thus including it into surroundings. The side slopes have

Dolná nádrž s preložkou cesty. Hrádza dolnej nádrže, do ktorej je včlenená budova elektrárne, je betónová, gravitačná. Na vzdušnej strane je prísyp na ozelenenie a tým začlenenie do okolia. Bočné svahy majú filtračnú vrstvu z geotextílie Tatrax, majú sklon 1 : 5 a sú opevnené kamenivom. Využitelný objem nádrže je 3,7 mil. m³ pri kolísaní hladiny 7,45 m medzi kótami 733,45 - 726,0 m n.m. Bpv. Preložka pôvodnej cesty údolím Čierneho Váhu je vedená po ľavej strane nádrže.

Výkon elektrárne je vyvedený cez blokové jednofázové transformátory s troma vinutiami 15,75/420 kV do rozvodne 400 kV Liptovská Mara vzdušným vedením. Vlastná spotreba je popri zabezpečení zo zásokového zdroja, ktorým je TG7, zaistená 22 kV linkami z Kráľovej Lehoty a z Tatranskej Štrby.

Pri dispečerskom riadení ES je najdôležitejším hľadiskom operatívnosť nasadzovania zdroja. PVE Čierny Váh je dispečerom vysoko hodnotená, pretože rozbeh z kľudu na plný výkon v turbínovej prevádzke trvá len 70 sek. a z kľudu do čerpadlovej prevádzky asi 120 sek. Pritom prevádzka agregátov je plne automatická a PVE je priamo riadená Slovenským energetickým dispečingom Žilina.

Prietoky Čierneho Váhu nad 8 m³.s⁻¹ sa prepúšťajú najalovo, pretože na PVE Čierny Váh, na rozdiel od všetkých ostatných VE na Váhu, prevádzkuje energetickú i vodohospodársku časť energetika, pričom podmienkou správy povodia bolo nezasahovať do vodohospodárskeho režimu rieky.



a filtration layer of a Tatrax geofabric, they have their inclination 1 : 5, and are protected by aggregates. The utilizable reservoir volume is 3,7 mil m³ in level fluctuation 7,45 m between the elevations 733,45 - 726,0 m above sea level. The relaying of the original road in the Čierny Váh valley is led along the left side of the reservoir.

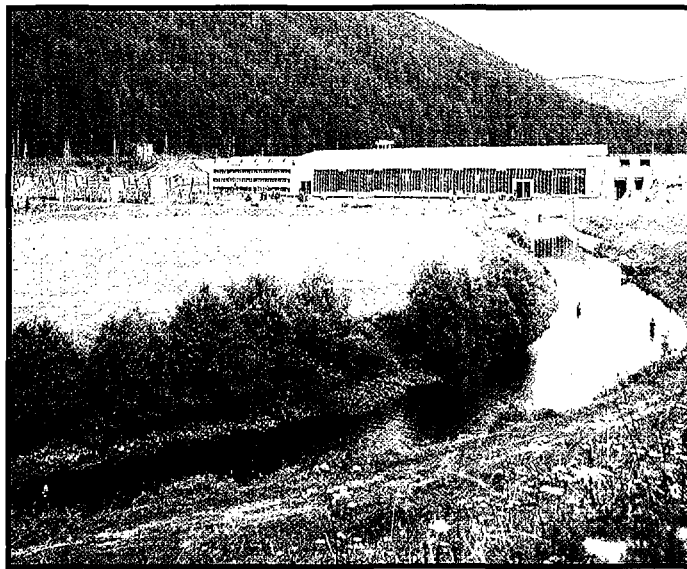
Power plant output is led through the block single-phase transformers with three windings 15,75/420 kV into a Liptovská Mara 400 kV switching station through the aerial line. Internal consumption is besides providing from the compensation source which is TG7, provided by 22 kV lines from Kráľová Lehota and from Tatranská Štrba.

Operativeness of engaging the source is the most important standpoint in dispatching control of ES. The PSP Čierny Váh is highly evaluated by dispatchers because the start from rest into full capacity in the turbine operation takes only 70 s, and from rest into the pump operation about 120 s. While the operation of the sets is fully automatic and the PSP is directly controlled by the Slovak Power Engineering Dispatching Centre in Žilina.

The flows of Čierny Váh over 8 m³.s⁻¹ are discharged at idle because at the Čierny Váh PSP, in contrast to all other hydro power plants on the river Váh, the power engineering and water economic parts are operated by power engineering, while non-interference into the water economic regime of the river was the condition of the riverside administration.

The great attention is paid to environment protection. All the leaked waters from the area

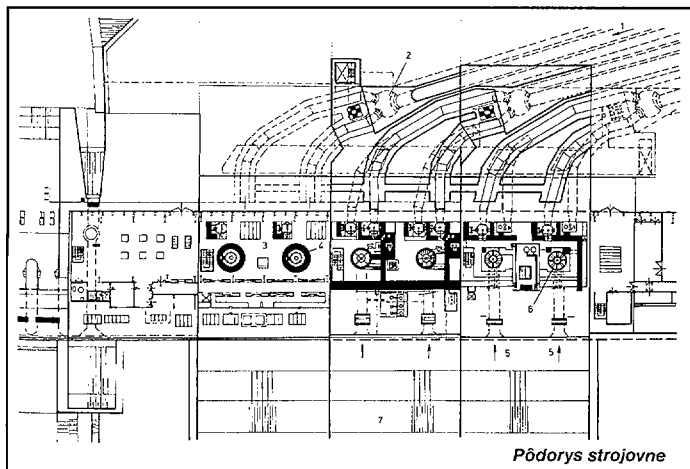
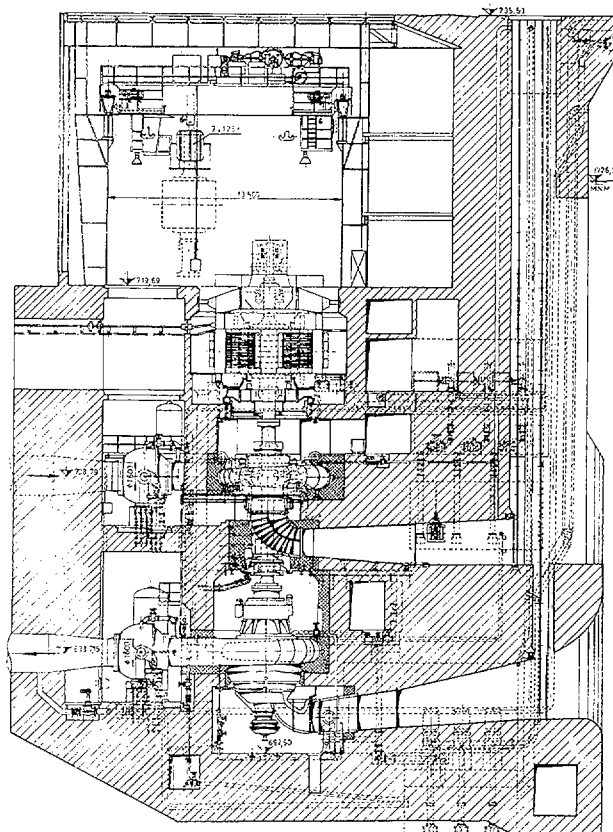
Veľká pozornosť je venovaná ochrane životného prostredia. Všetky presiaknuté vody z priestorov elektrárne, ale aj vody zo stanovišť vonkajších transformátorov a z nádvorí elektrárne sa pred vypustením čistia tak, aby vyhovovali prísny vodohospodárskym predpisom. Príspevkom k ochrane životného prostredia je využitie stratového tepla blokových transformátorov, ktorým sa cez výmenníky olej - voda vykúri stroje elektrárne a príslušná budova až do vonkajšej teploty -15°C. Najpodstatnejším príspevkom je však pohotovosť výkon PVE, pretože ak sa musí v tepelných elektrárňach udržiavať v pohotovosti turboagregát, spáli sa pri tom na každý 1 inštalovaný megawatt ročne zhruba 1000 ton energetického uhlia. PVE Čierny Váh tak zachráni ročne 735 tis. ton energetického uhlia.



VODNÁ ELEKTRÁREŇ/HYDRO POWER PLANT		TG 1 - 6	TG 7
inštalovaný výkon / počet agregátov [MW / -]		735,16	6
installed capacity / number of sets [MW/-]			1
projektovaná ročná výroba z prečerpávania [GWh]		1285	
annual generation planned from repumping [GWh]			
	z prietokov / from flows [GWh]		2,2
spôsob prevádzky:	automatická	turbínová,	turbínová
		čerpadlová, kompenzačná	
mode of operation:	automatic	turbine,	turbine
		pumping, compensation	
rok uvedenia do prevádzky		1980 - 1982	1982
years of putting into operation			

of the power plant but also the waters from the places of the outer transformers and from the power plant courtyard are before discharging cleaned in such a way so that they must meet the strict water economic regulations. A contribution to environment protection is the utilization of after-heat from the block transformers by which a machine room of the power plant and an adjacent building can be heated up to outer temperature - 15° C through the oil-water exchangers. However, available power of the PSP is the most important contribution because if in thermal power stations a turboset must be kept in emergency, about 1 000 tons of power engineering coal is annually burnt in it for each 1 megawatt installed. Thus, the Čierny Váh PSP saves 735 thous. tons of power engineering coal annually.

Priečny rez prečerpávacím sústrojenstvom

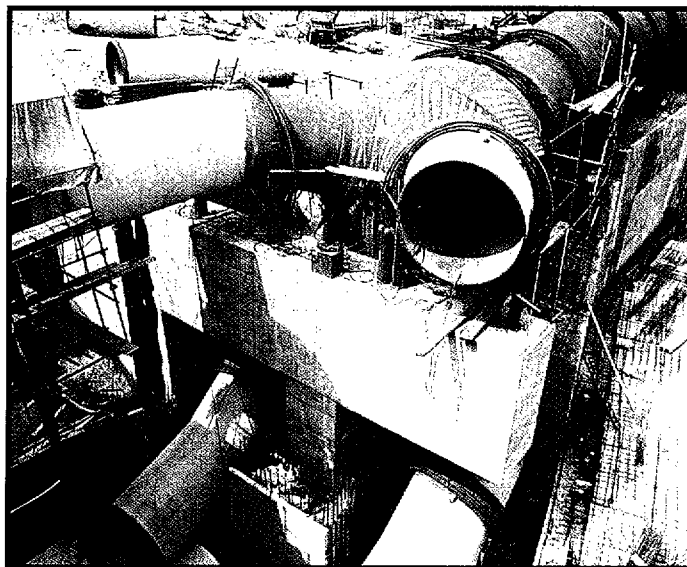


Pôdorys strojovne

PVE Čierny Váh bola uvádzaná do prevádzky v rokoch 1980 až 1982. Do konca roka 1998 za 18 rokov prevádzky vyrobila celkom 5648 GWh elektrickej energie, z toho z prečerpávania 5609 GWh a spotrebovala pri tom 7532 GWh. Z toho vychádza účinnosť prečerpávacieho cyklu 74,5%. Jej agregáty odpracovali za túto dobu spolu zhruba 157 tis. prevádzkových hodín. Na turbínovú, čerpadlovú a kompenzačnú prevádzku boli spustené viac ako 82 tis. krát.

Dôležitejšie však je, že za túto dobu bola PVE Čierny Váh pripravená a v čase potreby poslúžila na vyriešenie problémov a mimoriadnych stavov v ES. A vďaka dôslednej starostlivosti technologické zariadenie slúži nám všetkým i naďalej.

TURBÍNA / TURBINE	TG 1 - 6	TG 7
	ČKD Blansko	
výrobca / producer	ČKD Blansko	
typ / priemer obežného kolesa [- / mm]	F 10/2600	4-K-69/1100
type / runner diameter [- / mm]		
spád maximálny - minimálny [m]	428 - 391	20,9 - 11,6
maximum - minimum head [m]		
prietok / rate of flow [m ³ .s ⁻¹]	30	4,5 - 8
inštalovaný výkon/installed capacity [MW]	122,4	0,768
otáčky / speed, revolutions [s ⁻¹ (min. ⁻¹)]	8,33 (500)	8,33 (500)
ČERPADLO/PUMP	ČKD Blansko	
	jednonátokové dvojstupňové	
výrobca / producer	ČKD Blansko	
typ	single-inlet two-stage	
typ		
priemer obežného kolesa / impeller diameter [mm]	2620	
dopravné množstvo / operating rate of flow [m ³ .s ⁻¹]	20 - 22	
příkon / input [MW]	100	
otáčky / speed, revolutions [s ⁻¹ (min. ⁻¹)]	8,33 (500)	
MDTORGENERÁTOR / MOTOR-GENERATOR	Škoda Plzeň	
	Škoda Plzeň	
výrobca / producer	Škoda Plzeň	Škoda Plzeň
menovité napätie / nominal voltage [kV]	15,75	6,3
TRANSFORMÁTOR / TRANSFORMER	Škoda Plzeň	
	BEZ Bratislava	
výrobca / producer	Škoda Plzeň	BEZ Bratislava
výkon / power [MVA]	250	1
napätie / voltage [kV]	15,75 /420	6,3 / 22



The Čierny Váh PSP has been putting into operation in the years 1980 - 1982. By the end of the year 1998, for the period of 18 years of operation it generated in total 5648 GWh of electric energy out of it from repumping 5609 GWh and consumed 7532 GWh. Out of it efficiency of the repumping cycle is 74,5%. Its sets worked approximately in total 157 thous. operating hours for this period. They were started over 82 thous. times for the turbine, pumping and compensaton operations. However, it is more important that the Čierny Váh PSP was prepared during this period and in time of need it served for the solution of the problems and emergency states in ES. And, thanks to consistent care of the technological equipment it serves to all of us also at present.

