

# „NZELE660MWe“..., není šifra, ale označení pro nový energetický blok s nadkritickými parametry páry

Pod touto „jednoduchou“ zkratkou se skrývá velký energetický investiční celek – nový supermoderní zdroj Ledvice o výkonu 660 MWe. Tento nový blok nahradí staré dva bloky 110 MWe a jeden blok 200 MWe, které na severu Čech pracovaly přes třicet let. Nový blok bude využívat uhlí z přílehlého povrchového hnědohelného dolu Bílina, který by jej měl zásobovat příštích 40 let, a to až do svého vyčerpání. Nový blok bude dodávat vyrobenou elektrickou energii do existující vysokonapěťové distribuční sítě 400 kV. Pohled na počítačový model bloku se strojovnou v levé části a kotelnou v pravé je vyobrazen na obr. 1.



Obr. 1 – Počítačová vizualizace nového 660 MWe zdroje v Elektrárně Ledvice

## Předprojektová příprava

Největším problémem nového zdroje bylo jeho umístění. Kolem elektrárny se prakticky ze tří stran rozkládají vytěžené pozemky dolů a na čtvrté straně leží železniční a dálniční tah Chomutov – Teplice. Předprojektovou přípravu investice pro generálního dodavatele stavby ŠKODA PRAHA Invest s.r.o.,

od studie proveditelnosti přes investiční záměr až po koncepční projekt, vypracovala divize Energoprojekt Praha (EGP) – součást společnosti Ústavu jaderného výzkumu Řež a.s. Jednalo se o velký úkol. Bylo třeba přeorganizovat využití plochy stávající elektrárny, a tedy navrhnout zrušení mnoha drobných objektů, vybudování některých

společných provozů využívaných více bloky elektrárny na jiném místě, dále pak zrušit stávající a uvolnit tak staveniště pro nový výrobní blok. To vše bylo třeba udělat při zachování provozu tří stávajících bloků. Jedná se o blok č. 4 elektrárny s novou teplárenskou turbínou 110 MWe a fluidním kotlem, který zůstane v provozu i po uvedení nového 660 MWe bloku do provozu. Bloky č. 3 a 4, které dožívají, budou po uvedení nového bloku do provozu odstaveny a zrušeny. Na obrázku č. 2 je možné vidět areál elektrárny s doly v okolí tak, jak vypadal před započítím prací.

## ŠKODA PRAHA Invest v roli generálního dodavatele, resp. generálního projektanta

EGP zpracoval první hrubý návrh celkového uspořádání elektrárny pro dvě fáze výstavby. První bylo uvolnění staveniště pro výstavbu nového zdroje a umožnění nepřerušené práce stávajících bloků. Druhá fáze zahrnuje samotnou výstavbu zdroje. EGP zpracoval hrubý harmonogram posloupnosti hlavních činností při výstavbě a hrubou specifikaci jednotlivých provozních souborů a stavebních objektů.

Další postupně detailní zpracování technického řešení, ověření reálnosti návazností jak místních, tak časových, hledání možných a optimálních cest, navržení konkrétního optimálního technického řešení do všech detailů a vytvoření podrobného harmonogramu projektových a realizačních prací již čekalo na generálního projektanta a generálního dodavatele celého projektu, společnost ŠKODA PRAHA Invest (ŠPI).

V ŠPI byl okamžitě vytvořen realizační tým vedený projektovým manažerem – ředitelem výstavby a hlavním inženýrem projektu odpovědným za technické řešení akce. Tým generálního dodavatele začal spoluprací s projektovým týmem na straně investora. První bylo rozdělit projekt do subprojektů, tzv. obchodních balíčků (OB). Pro tyto jednotlivé OB zpracoval generální projektant technickou a obchodní zadávací dokumentaci. Na jejím základě pak jednotliví nabízející předkládali své návrhy do výběrových řízení, na jejichž konci stál sestavený dodavatelský model projektu.

Jedním z klíčových úkolů ŠPI je (kromě zpracování projektové dokumentace celého nového bloku) koordinovat činnosti mezi zařízeními jednotlivých OB tak, aby zařízení různých zhotovitelů na sebe optimálně navazovala jak po funkční stránce, tak po stránce potřebných médií a jejich parametrů. Přitom je třeba stále sledovat



Obr. 2 – Areál Elektrárny Ledvice a dolu Bílina před rekonstrukcí

ekonomické ukazatele a udržet investiční náklady na uzdě očekávání.

ŠPI v roli generálního dodavatele a generálního projektanta v celé šíři i hloubce uplatňuje znalosti a zkušenosti z předcházejících padesáti let úspěšné existence odborného týmu pod vlajkou ŠKODA PRAHA. Firma v roli generálního dodavatele dodala všechny bloky nad 50 MWe do 500 MWe v klasické energetice a do 1 000 MWe v jaderné energetice v bývalém Československu. Pod hlavičkou exportní obchodní organizace ŠKODAEXPORT dodala ŠKODA PRAHA jako generální dodavatel, resp. generální projektant přes šedesát bloků do celého světa.

Zejména zkušenosti z exportu energetických bloků do zahraničí jsou nyní pro ŠKODA PRAHA Invest podstatné, protože při nich Škodováci spolupracovali s mnohými zahraničními investorskými, projektovými a konstrukčními týmy a různými světovými dodavateli. Nyní tak ŠPI disponuje širokým přehledem o možných přístupech a výsledcích řešení v navrhování elektráren jako celků až po jednotlivé detaily jednotlivých strojů, zařízení a stavebních objektů. Tyto zkušenosti ŠPI prostřednictvím svých vedoucích projektantů všech specializací a na všech úrovních projektování nyní uplatňuje při optimalizaci návrhu a koordinaci dodávek a prací pro nový 660 MWe nadkritický blok v Ledvicích.

#### Projektování a přípravné práce

Z důvodu vytvoření prostoru pro nový blok musely být zbourány dvě třetiny stávající administrativní budovy, původní chemická úprava vody, stará část zauhlovacích mostů a bylo potřeba posunout uhelnou skládku ve směru od stávajících bloků, aby se na jejím místě mohlo vybudovat odsířovací zařízení a veškeré čištění spalin z nového zdroje. Postavily se kilometry přeložek stávajících inženýrských sítí v areálu. To znamená, že musely být nejdříve vyprojektovány, pak realizovány a nakonec musely být odstraněny původní potrubní a kabelové sítě, aby nepřekážely plánované další výstavbě. Projektovaný stav elektrárny s novým blokem je patrný z obrázků č. 3 a 4.

Nový zdroj byl navržen jako nejmodernější elektrárnský blok většího výkonu na tuhá paliva podle doporučení Evropské unie BAT (Best Available Technology). Čili s co nejvyšší ekonomicky dosažitelnou energetickou účinností a maximálně potlačenými účinky na životní prostředí.

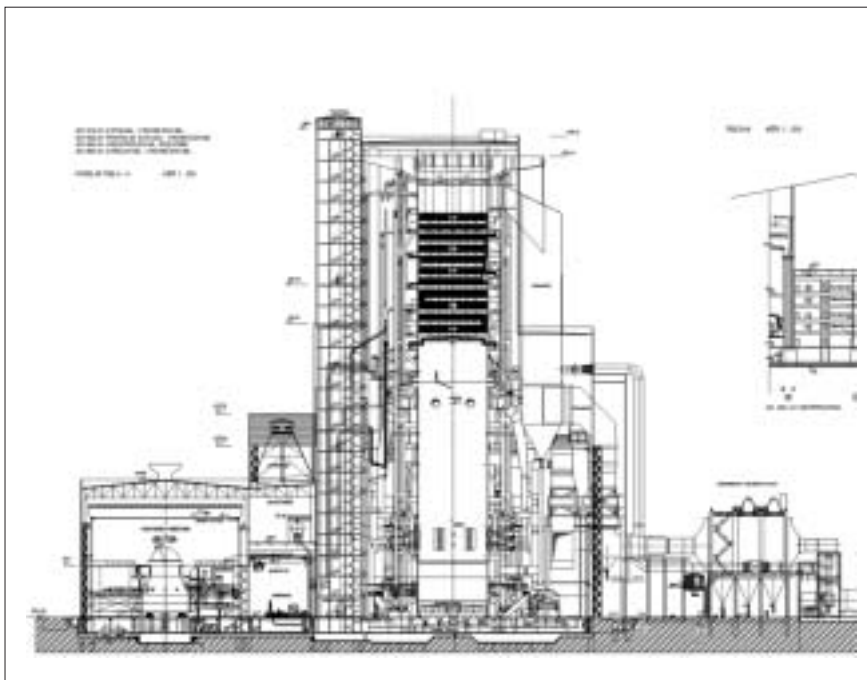


Obr. 3 – Areál Elektrárny Ledvice s vizualizací nového bloku po rekonstrukci



Obr. 4 – Areál Elektrárny Ledvice s vizualizací nového bloku po rekonstrukci – pohled odzadu

Znamenalo to použít maximálně dosažitelné parametry provozních médií a minimalizovat exhalace. To vše je možné dosáhnout jen za použití nejmodernějších konstrukcí jednotlivých strojů a zařízení a použití moderních materiálů vyvinutých speciálně pro tyto parametry a účely. Řez navrhovaným blokem je znázorněn na obr. č. 5.



Obr. 5 – Příčný řez novým blokem

Volba moderních technologií a materiálů samozřejmě vedla k nárůstu investičních nákladů, a proto bylo třeba již od začátku porovnávat různé koncepce zajištění spolehlivosti provozu elektrárny, aby náklady enormně nerostly. Bylo potřeba opustit dosavadní standardní praxi zdvojení (2 × 100 %) nebo ztrojení provozních zařízení (3 × 50 %) a přistoupit k daleko vyšším požadavkům na kvalitu výroby a prověřování všech výrobků dodávaných na elektrárnu od surového materiálu přes polotovary až k hotovým výrobkům se zaručenými vlastnostmi a životností.

Tyto požadavky byly přísně stanoveny normami EU a byly zakotveny ve smluvních vztazích se všemi dodavateli a jejich subdodavateli. Kontrola kvality od technického návrhu přes výrobu až po zkoušky po montáži a uvádění do provozu je hlavním znakem celého projektu.

#### Energetická část

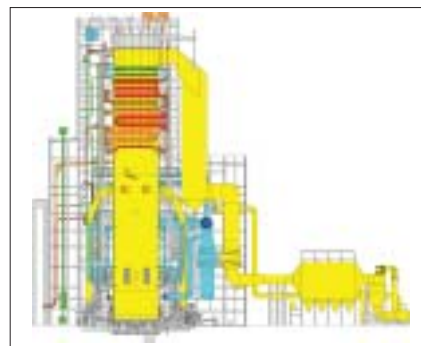
Nový zdroj je navržen v jednoblokovém uspořádání, tj. s jedním průtlačným kotlem věžového typu s nadkritickými parametry ostré páry, s jedním přihříváním páry a čtyřtřesovou parní turbínou kondenzačního typu.

Parametry ostré páry:

- Jmenovitý tlak ostré páry na kotli 27,3 MPa.
- Maximální provozní tlak ostré páry na kotli při maximálním výkonu kotle 28,0 MPa.
- Teplota ostré páry na kotli 600 °C.
- Tlak přehřáté páry na kotli 5 MPa.
- Teplota přehřáté páry na kotli 610 °C.

Věžový průtlačný kotel výšky 147 m dodává ALSTOM Power Systems GmbH ve spolupráci s českou pobočkou ALSTOM, s.r.o. Řez kotlem je na obr. č. 6. Průběh výroby ostré a ohřáté páry v samotném kotli je znázorněn na „i-p diagramu“ na obr. č. 8.

Turbína sestává z jednoho vysokotlakého dílu, jednoho středotlakého dílu a ze dvou nízkotlakých

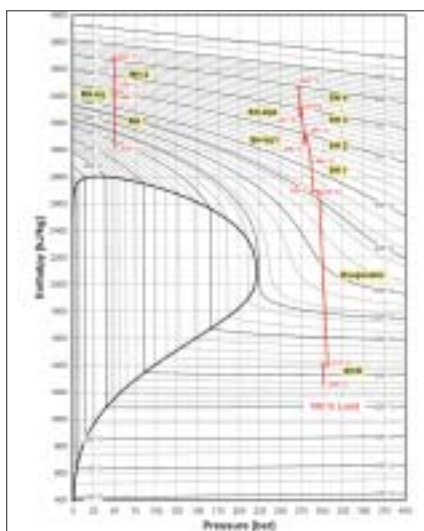


Obr. 6 – Řez nadkritickým kotlem ALSTOM nového bloku

dílů typu „Diabolo“. To znamená, že dva nízkotlaké díly turbíny mají vstup páry uprostřed skříňe a pára v jednotlivých stupních expanduje souměrně v obou opačných osových směrech a až z posledních oběžných kol vstupuje celkem čtyřmi výstupními průřezy do dvou samostatných kondenzátorů.



Obr. 7 – Pohled do strojovny turbogenerátoru 660 MWe



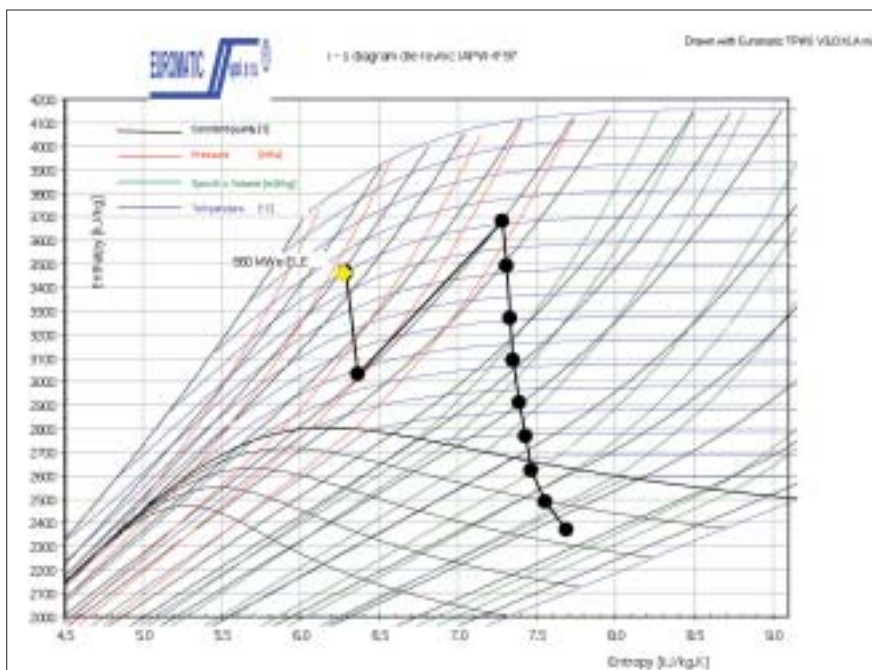
Obr. 8 – P-i diagram kotle ALSTOM nového bloku

Kondenzátory jsou na vodní straně řazeny sériově, aby dosáhly maximální energetické účinnosti. Turbinu vyvíjí a dodá ŠKODA POWER a. s. Pohled do modelu strojovny s turbosoustrojím

a pomocnými zařízeními je na obr. č. 7. Informace o parametrech páry a předpokládané expanzi v turbíně je zakreslena v „i-s diagramu“ na obr. 9.

Po zkondenzování páry bude kondenzát přečerpáván čerpadly prvního stupně přes blokovou úpravnu kondenzátu a dále čerpadly druhého stupně přes pět nízkotlakých regeneračních ohříváků (NTO) do napájecí nádrže. Z této nádrže je jímána napájecí voda pro kotel, a to dvěma provozními napájecími čerpadly, poháněnými elektromotory (řazení napájecích soustrojí je 2 × 50 % + 1 × 50 % rezerva) přes tři vysokotlaké ohříváky vody (VTO) a jeden předřazený srážecí přehřívák (koncepte Škoda) do průtláčného kotle.

Množství napájecí vody dodávané pro kotel je regulováno změnou otáček pomocí hydraulických spojek typu Vorecon, kterými budou vybavena všechna tři napájecí soustrojí. Jsou to nejmodernější hydraulické spojky kombinované s řízenými planetovými převodovkami, které mají maximální účinnost nejen ve jmenovitém bodě, ale i v širším okolí kolem něho. Napájecí čerpadla budou barelového typu s maximálním závěrným tlakem 520 bar. Taková čerpadla se v České



Obr. 9 – I-s diagram turbogenerátoru ŠKODA POWER nového bloku

republice dosud nevyroběla. Dodávat je bude SIGMA GROUP a. s.

Pro napájení kotle byla zvolena koncepce přímé regulace otáček čerpadla s vypouštěním klasického regulačního ventilu, normálně umístovaného před vstupem vody do kotle. Samotné napájení kotle bude při najíždění regulováno pomocným ventilem umístěným v ochozu výstupního šoupátka napájecího čerpadla. Přes tento regulační ventil se bude najíždět do cca 40 % jmenovitého výkonu. Dále při najíždění při překročení minimálního provozního tlaku na výtlačku napájecích čerpadel a po dosažení minimálního stabilního výkonu bloku, tj. kolem 40 %, se přejde na regulaci napájení s otevřeným výstupním šoupátkem. Množství napájecí vody je regulováno změnou otáček čerpadel.

Kondenzátní čerpadla druhého stupně i zvyšovací čerpadla topného kondenzátu u nízkotlakého ohříváku 1 a 3 budou vybavena frekvenčními měniči, jako i mnohá další provozní čerpadla. Nebudou tedy potřebovat regulační ventily standardně umístované na výtlačku, jak je tomu u čerpadel s neřízenými otáčkami. Tím se snižuje vlastní spotřeba bloku. Je to jedna z cest, jak zajistit lepší účinnost bloku. Pro kondenzaci páry v kondenzátoru se používá voda z chladicí věže s přirozeným tahem.

Základní údaje:

- Jmenovité množství chladicí vody 56 000 m<sup>3</sup>/hod.
- Jmenovitá teplota chladicí vody 18,5 °C.
- Maximální letní teplota chladicí vody 28 °C.
- Chladicí věž bude 145 m vysoká a patní průměr dosáhne 105 m.

Blok bude provozován v automatickém režimu od cca 50 % jmenovitého výkonu přes jmenovitý (100 %) až po maximální možný výkon bloku (BMCR – Boiler Maximum Continuous Rating) s klouzavým tlakem ostré páry. To přinese minimální termodynamické ztráty na turbíně, a tedy maximální dosažitelnou účinnost bloku v celém regulačním pásmu.

V rámci úspor investičních nákladů bude u kotle na ostré páře použito certifikované kombinované zařízení, které zároveň plní funkce vysokotlaké prepouštěcí stanice a zároveň i vysokotlakých pojistných ventilů. Výhodou je nejen úspora investičních nákladů, ale i provozních nákladů na výrobu demineralizované vody. Při odfuku pojistných ventilů totiž nedojde ke ztrátě média do atmosféry, ale pára je seškrčena a ochlazena v kombinovaném zařízení a vrácena do parovodu studené přihřáté páry, která chladí přihřívák kotle i při zásahu pojistných ventilů. Za přihřívákem kotle pokračuje pára přes nízkotlaké prepouštěcí stanice do kondenzátoru, nebo v nouzovém případě přes klasické pojistné ventily do atmosféry.

### Ekologie

Z ekologického hlediska je třeba uvést, že blok je koncipován jako maximálně šetrný k přírodě. Pro čištění spalin byla zvolena efektivní metoda mokré vápencové vypírky, která má nevyšší

provozní účinnost. Spaliny zbažené téměř veškerých prachových částic v progresivních elektrofiltrtech jsou vedeny do pračky spalin, kde jsou pročišťovány ve čtyřech sprchových rovinách vápenovou suspenzí. Ta jednak zachycuje a chemickou reakcí váže oxidy síry a jednak je přetváří na sádrovcovou suspenzi s dalším využitím, například ve stavebnictví.

Při průchodu spalin sprchovými rovinami se zachytí i většina zbývajícího prachu spolu s dalšími škodlivými sloučeninami např. fluóru a chlóru, které jsou v tuzemském uhlí, prakticky vždy obsaženy jako doprovodné prvky. Vyčištěné spaliny jsou zavedeny do chladicí věže, odkud spolu s odpařenou chladicí vodou odcházejí do atmosféry. Názorně je vidět příklad konstrukce věže na obr. č. 10.

Odluhová voda z chladicích věží se zahuštěným obsahem solí se používá pro doplňování provozní vody do pračky spalin a k chlazení vynášené



Obr. 10 – Příklad konstrukčního uspořádání chladicí věže se zaústěným výstupem mokřích vyčištěných spalin

strusky z kotle. Většina odpadních provozních vod z odsíření, chemické úpravy vod z výroby demineralizované vody, včetně odpadní vody z kotleny se použije jako záměsová voda v míchacím centru pevných odpadních hmot. Veškerý vyprodukovaný popílek a struska se bude v míchacím centru zpracovávat za použití dalších přísad na stabilizát, který se bude potrubím a vysokotlakými pumpami dopravovat a ukládat do vytěžených částí uhelného dolu. Po jeho zatvrdnutí vznikne hmota s nízkou vyluhovatelností komponent a chemických prvků. Laicky řečeno, z této hmoty se nebude uvolňovat ani polévatý prach, ani chemické prvky, které by mohly kontaminovat půdu či spodní vody. Technologie pro čištění spalin včetně pračky je vidět na obr. č. 4 (ve stínu chladicí věže nalevo od ní) a technologie míchacího centra včetně zásobníků popílku a strusky je osluněná ještě více nalevo od chladicí věže.

Základní garantované ukazatele čistoty vypouštěných kouřových plynů (spalin) jsou následující:

- $\text{NO}_x < 200 \text{ mg/Nm}^3$  (6 %  $\text{O}_2$ ),
- $\text{SO}_x < 150 \text{ mg/Nm}^3$  (6 %  $\text{O}_2$ ),
- $\text{CO} < 200 \text{ mg/Nm}^3$  (6 %  $\text{O}_2$ ),
- obsah prachových částic  $< 20 \text{ mg/Nm}^3$  (6 %  $\text{O}_2$ ).

#### Systém projektování

Při projektování byla od samého začátku v maximální míře využívána výpočetní technika. Pro projektování dispozičního uspořádání se použilo třídimenzionální projektování provázané s databázovým systémem informací o jednotlivých použitých komponentech. Pro značení zařízení a stavebních objektů bylo důsledně použito jednotné značení podle systému KKS původně vyvinutého německými firmami pro německou energetiku. Tuto metodiku převzal ČEZ pro své projekty obnovy výrobní kapacity a dopravoval ji do hloubky, předešlým v číselné řadě označování tak, aby jeho využití na všech dalších energetických stavbách dávalo vyšší přehlednost, jednotnost

a tím i vyšší automatizovatelnost a efektivnost skladování náhradních dílů potřebných pro provoz a údržbu zařízení.

#### Srovnání s jinými projekty

Projektem Ledvice se prolíná snaha investora maximálně zkrátit dobu projektování a výstavby bloku tak, aby vložené investiční náklady velmi brzy začaly přinášet provozní zisky. Proto byl projekt od začátku rozdělen na jednotlivé obchodní balíčky (OB), pro které byly v soutěži (na základě koncepčního projektu celé elektrárny a zadávací dokumentace pro jednotlivé OB) vybrány nejvhodnější dodavatelé. To s sebou přináší velké časové zkrácení, ale i komplikace při koordinování projektování navazujících zařízení z jednotlivých OB v reálném čase.

Mnohé výměny informací probíhají prakticky paralelně. Konkrétní potřeby a požadavky jednotlivých zařízení musejí být zadány navazujícím zařízením, a je tak nezbytné zkoordinovat vše dohromady, aby jednotlivá zařízení nebyla předimenzována ani poddimenzována a aby vždy v provozu splňovala požadavky, které jsou od nich očekávány.

Tento proces je pro všechny pracovníky nejmírně psychicky i fyzicky náročný. Veškerá navazující zařízení musí být umístěna ve stavebních objektech a vyžaduje prostorovou koordinaci tak, aby si nepřekážela při montáži, za provozu ani při následné údržbě. Všechny komponenty musejí být umístěny tak, aby se daly obsluhovat provozním personálem a aby se daly na místě opravovat. Toho všeho je možné dosáhnout jen díky moderním SW a HW. Trvale je sledován harmonogram výměny projektových podkladů a veškerých dalších inženýrských aktivit na projektu přes objednávání, výrobu, montáž, kontrolu kvality až po uvádění do provozu.

**Ing. Jaroslav Ambrož,**

Hlavní inženýr projektu generálního dodavatele, ŠKODA PRAHA Invest s.r.o.

## "NZELE660MWe", is not a code, it is the name of a new power unit with above-critical steam parameters

A big energy investment unit – a new super-modern source of the Ledvice power plant with the power of 660 MWe is hidden behind this simple abbreviation. This new unit will replace two old blocks of 110 MWe and one block of 200 MWe which have been in operation in the north of the Czech Republic for over 30 years. The new unit will use coal from the adjacent surface brown-coal mine Bilina, which was supposed to supply it for the following 40 years and this up to its complete mining. The new unit will

supply the produced electric energy in to the existing high-voltage distribution network of 400 kV. The article deals with a pre-project preparation, projecting and preparation works, energy part; it deals more with the issues of operation ecology and construction economy, it describes a system of connection of individual parts of the power plant. In the conclusion, the author tried to outline demands of the investor and describes the ways of solution and approach of the general maker Škoda Praha Invest.

## „NZELE660MWe“ ..., это не шифр, а обозначение для нового энергетического блока с сверхкритическими параметрами пар

Под этим сокращенным названием скрывается крупный энергетический инвестиционный комплекс – новый суперсовременный источник электростанции Ледвице мощностью 660 МВт. Этот новый блок заменит два старых блока 110 МВт и один блок 200 МВт, которые на севере Чехии работали свыше тридцати лет. Новый блок будет использовать бурый уголь из близлежащей поверхностной шахты «Билина», которая будет снабжать его в течение дальнейших 40 лет, вплоть до полного исчерпания запасов. Новый блок будет поставлять произведенную электриче-

скую энергию в имеющуюся сеть высокого напряжения 400 кВ. Статья рассматривает предпроектную подготовку, проектирование и подготовительные работы, энергетическую часть, глубоко занимается вопросами экологии при эксплуатации и вопросами экономики строительства, описывает систему соединения отдельных частей электростанции. В заключение автор рассказывает о требованиях инвестора и описывает способы решения и работу генерального подрядчика «Škoda Praha Invest».