



Doosan Škoda Power

DOOSAN ŠKODA POWER

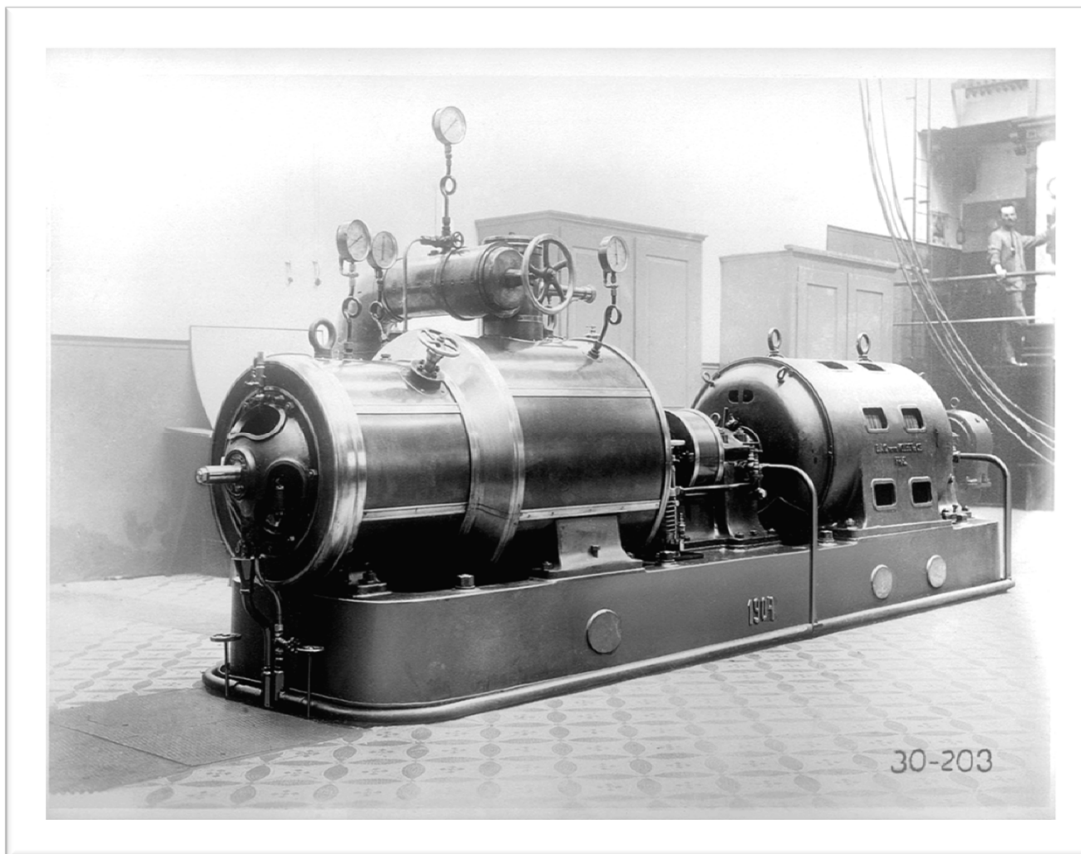
pro jaderné elektrárny

Jiří Fiala

Ředitel Globálního R&D centra
Doosan Škoda Power

12.5.2016

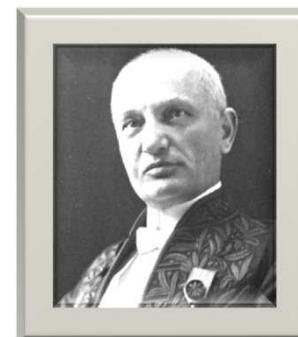
Historie turbín ŠKODA



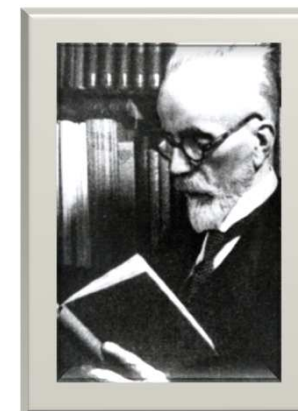
První parní turbína vyrobená ve Škodových závodech v roce 1904



Významné osobnosti
historie parních turbín
ŠKODA



Prof. Auguste Rateau



Prof Aurel Stodola

Doosan Škoda Power

Výrobky a aplikace

Od parních turbogenerátorů po stroje pro různé aplikace

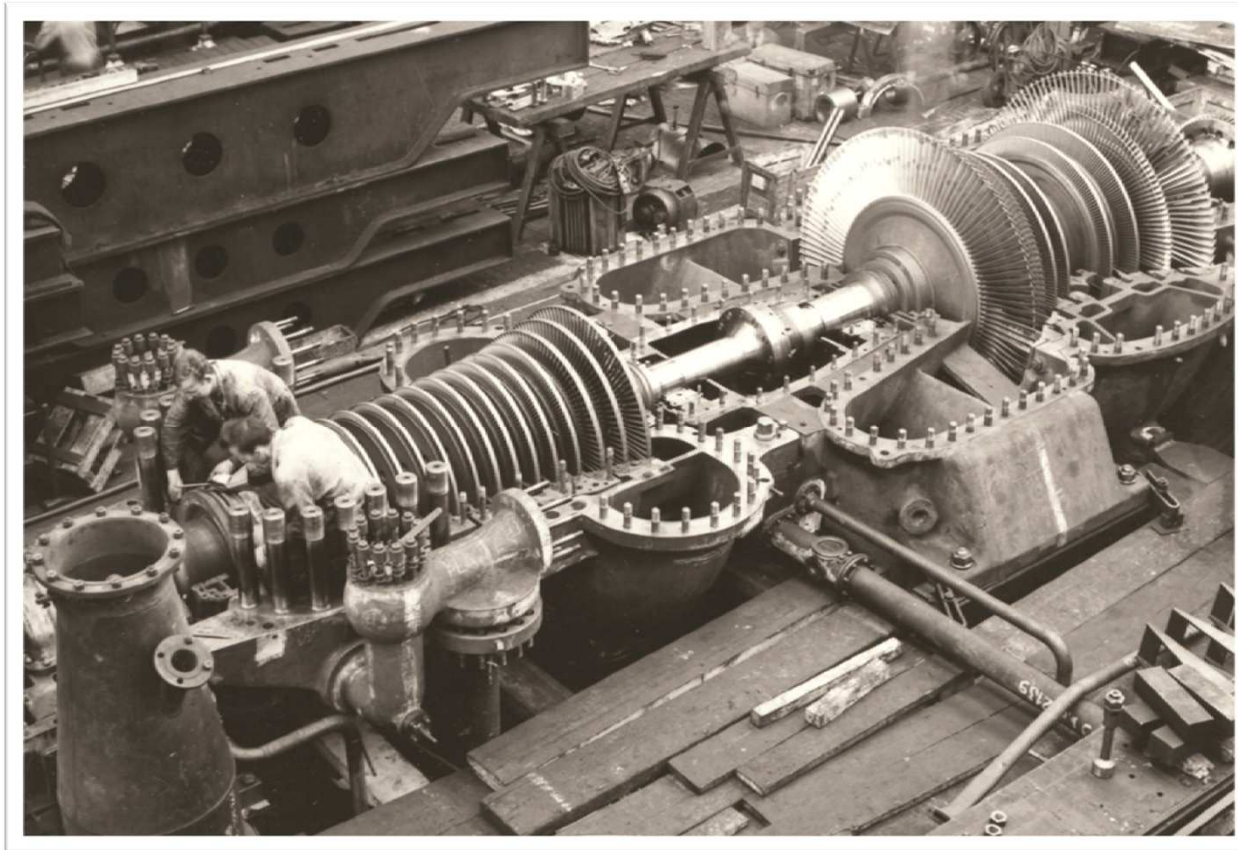
- Kombinované cykly
- Průmysl
- Fosilní elektrárny
- **Jaderné elektrárny**
- Obnovitelné zdroje
 - Spalovny komunálního odpadu
 - Spalovny biomasy
 - Solar



Doosan Škoda Power

Parní turbíny pro jaderné bloky

- Jaslovské Bohunice A1 (1968) 3 x 50 MW



Parní turbíny pro jaderné bloky

- Jaslovské Bohunice V1 (1976 – 78) 4 x 220 MW
- Jaslovské Bohunice V2 (1980 – 85) 4 x 220 MW
- Dukovany (1980 – 1986) 8 x 220 MW
- Mochovce (1987 – 1996) 8 x 220 MW
- Nord (1987 – 1991) 4 x 220 MW



Parní turbíny pro jaderné bloky

- Temelín (1991 – 1993)

2 x 1000 MW

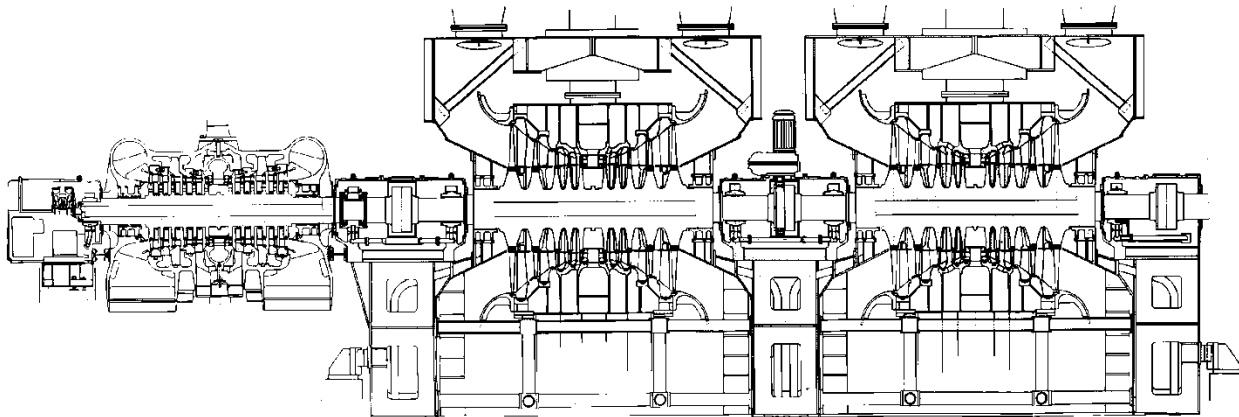
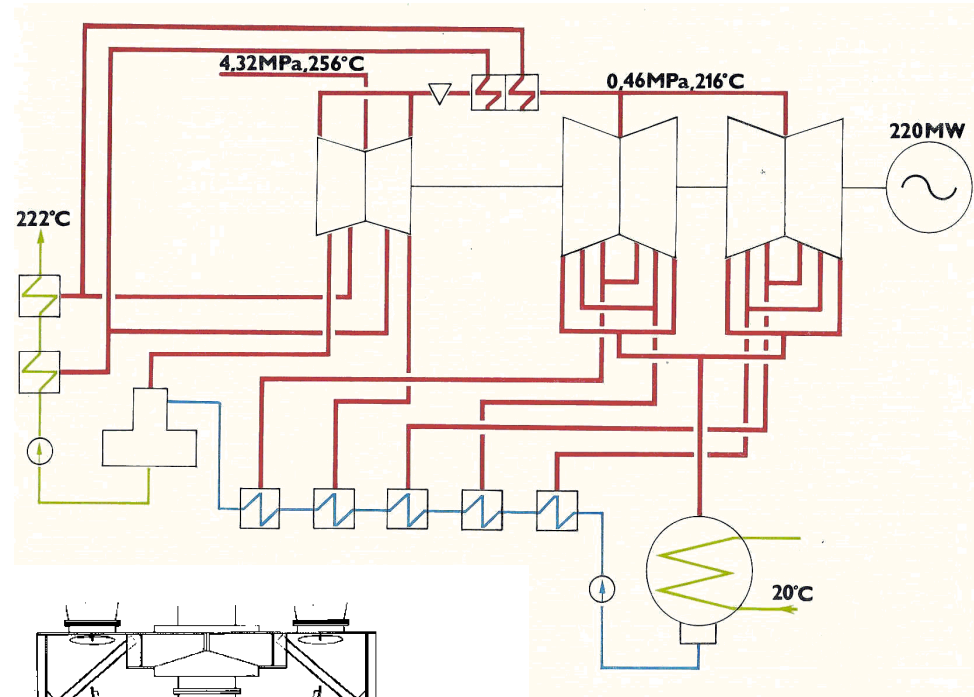


JE Dukovany



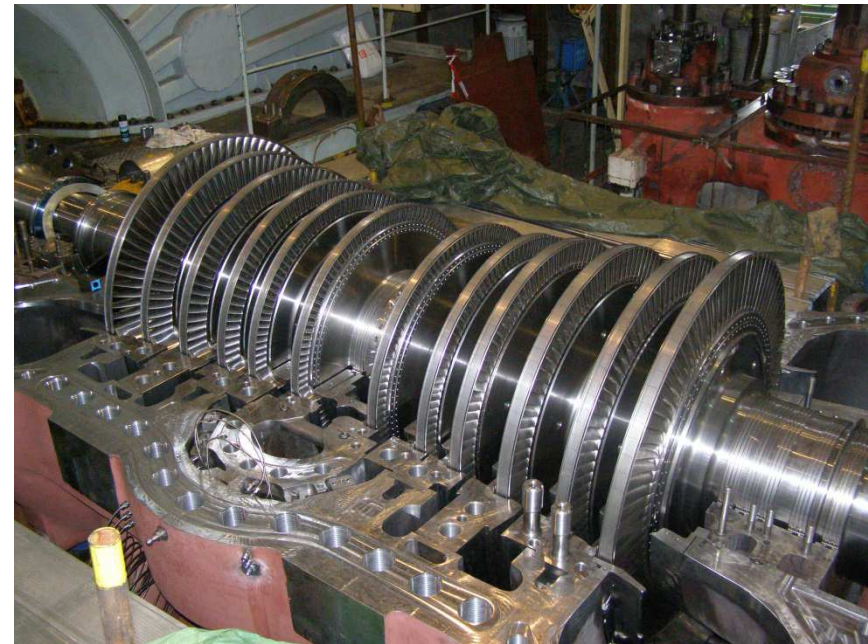
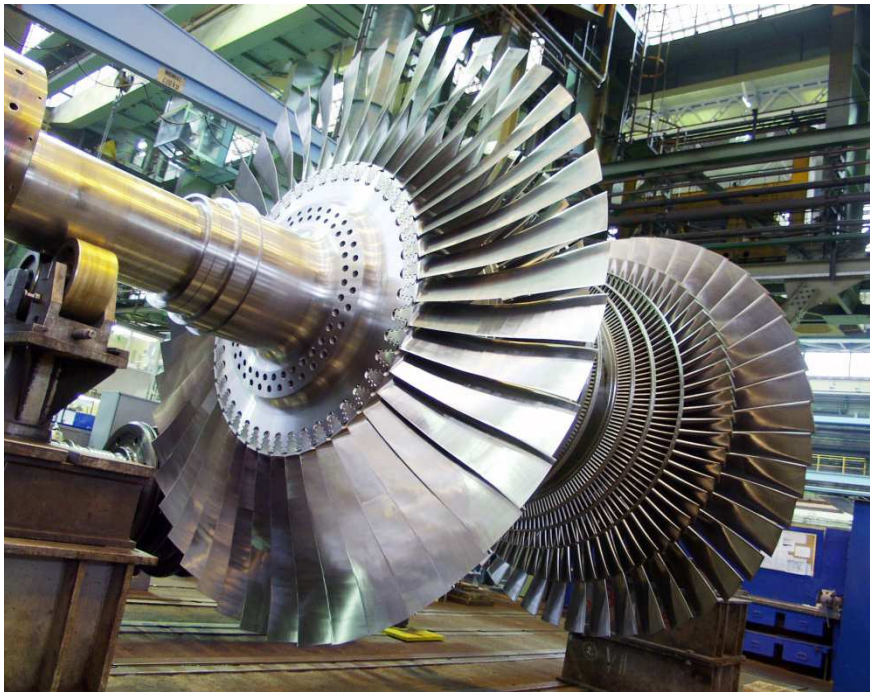
Hlavní data turbíny 220 MW

- Jmenovitý výkon 220 MW
- Teplota admisní páry 256 °C
- Tlak admisní páry 4,32 MPa
- Množství 1356 t/h
- Jmenovité otáčky 3000 1/min
- Rok výroby 1976 až 1991



Modernizace turbíny 220 MW - Dukovany

- 1999 – 2001 - Modernizace kondenzátorů
- 2005 – 2008 - Modernizace NT dílů
- 2009 – 2012 - Modernizace VT dílů



Modernizace kondenzátorů

- **Výměna původních mosazných trubek za titanové**
 - **Důvod**
 - Požadavek na zásadní změnu chemického režimu kondenzátu
 - Zvýšení výkonu na 105% oproti původnímu provedení
 - **Podmínky**
 - pH – 10 kondenzátu
 - Využití původních plášťů kondenzátorů
 - Extrémně krátká doba na výměnu
- **Modulární konstrukce**
 - Titanem plátované trubkové stěny
 - Trubky jsou zaválcované zavařené do trubkové stěny
 - Celkem vyrobeno a dodáno 32 modulů
- **Realizace v letech 1999 - 2001**



Modernizace kondenzátorů



Transport kondenzátorového modulu

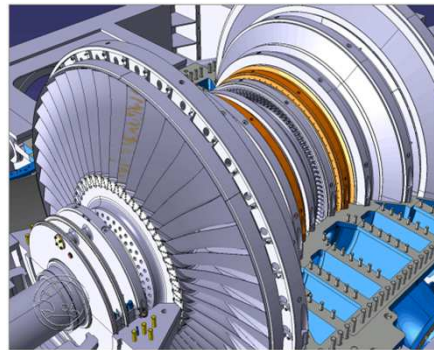
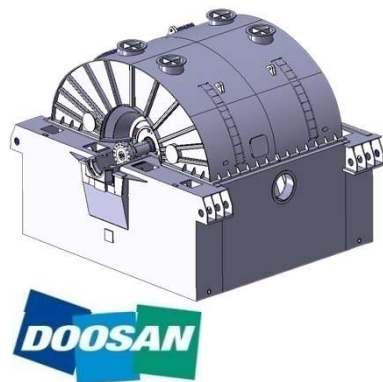
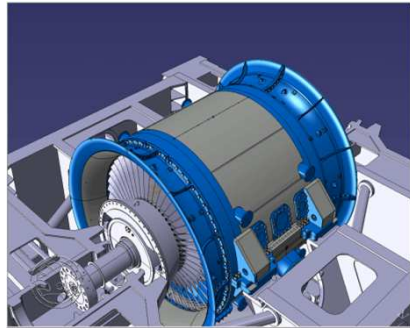


Modernizace kondenzátorů

		Před rekonstrukcí (mosaz)	Po rekonstrukci (titan)
Vakuum	kPa	5,2 / 6,8	4,6 / 6,1
Průměrná hodnota vakua	kPa	6	5,35
Zvýšení výkonu TG	MW		1,65
Tlaková ztráta na vodní straně	kPa	70	45
Obsah kyslíku	mg/l		< 5

JE Dukovany, modernizace 16 NT dílů

- 4 NT díly - 4/ 2005
- 4 NT díly - 4/ 2006
- 4 NT díly - 4/ 2007
- 4 NT díly - 4/ 2008

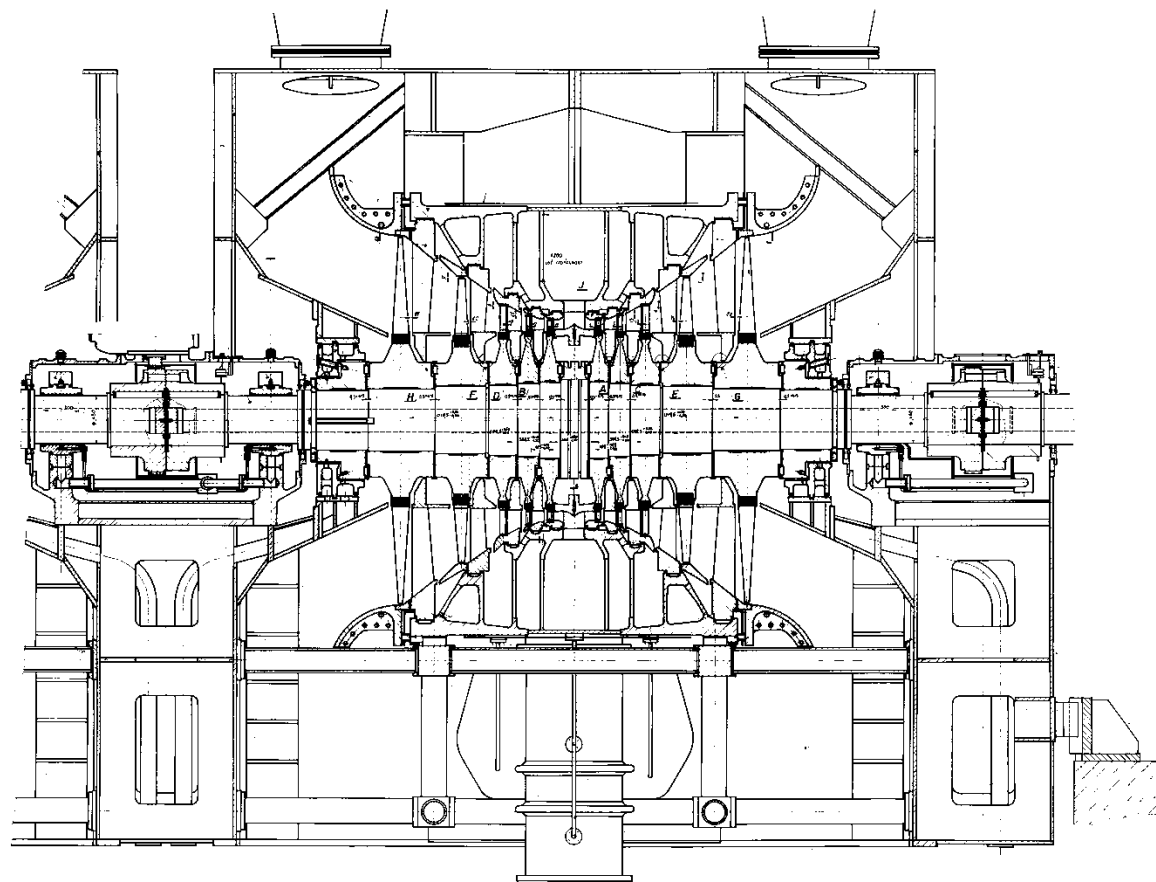


JE Dukovany, modernizace 16 NT dílů

- **Výměna průtočné části (rotory, rozváděcí kola)**
 - **Důvod**
 - Téměř vyčerpaná výpočtová životnost
 - Prodloužit životnost o více než 25 let
 - Zvýšená hltnost s ohledem na uvažované zvýšení výkonu reaktoru
 - Zvýšení účinnosti a spolehlivosti
 - **Podmínky (během výměny paliva v reaktoru)**
 - Extrémně krátká doba realizace
- **Výsledek**
 - Snížení spotřeby tepla o 3,56%
- **Realizace v letech 2005 - 2008**



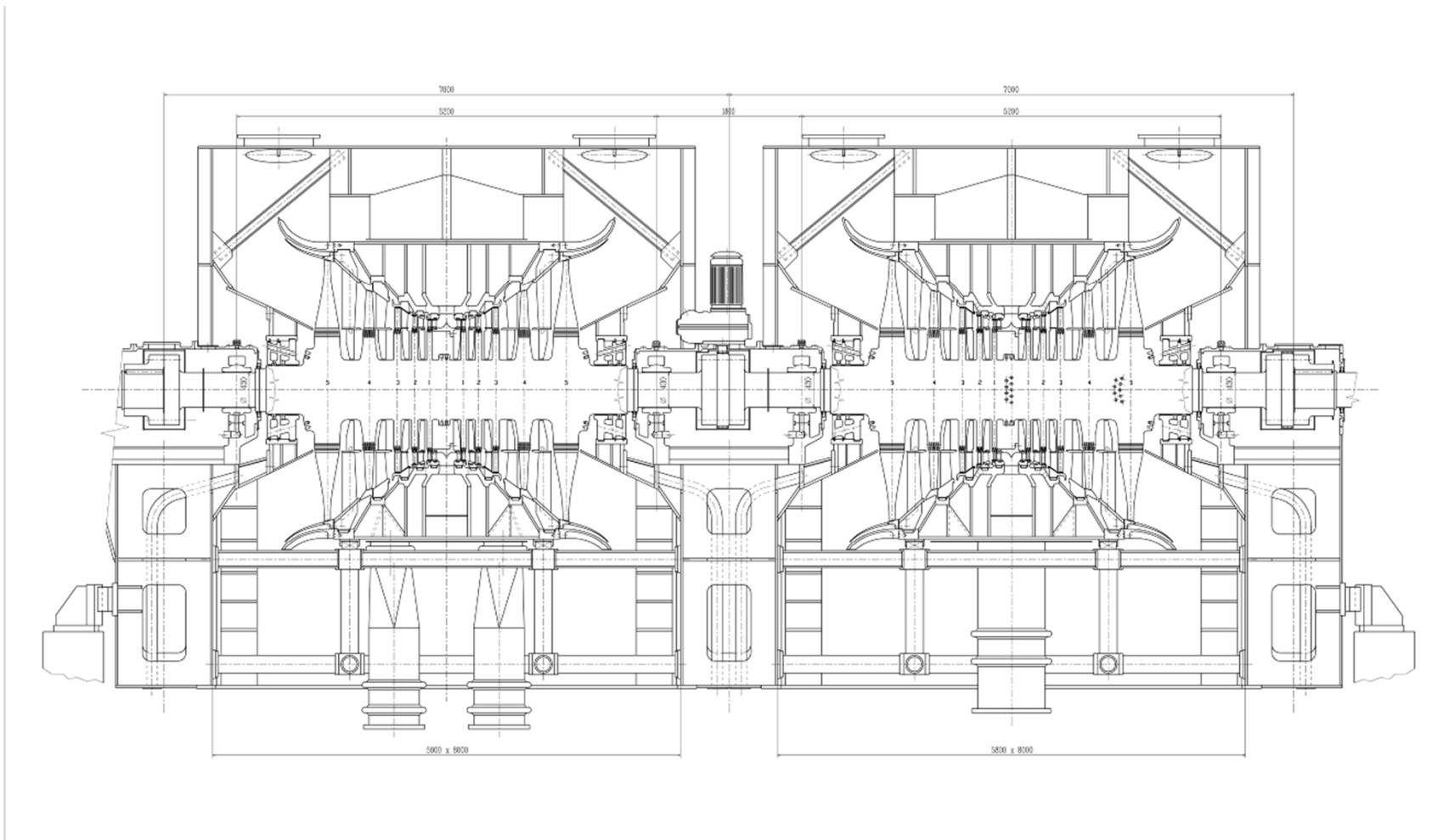
JE Dukovany, modernizace 16 NT dílů



Původní konstrukce



JE Dukovany, modernizace 16 NT dílů



Nová konstrukce



Doosan Škoda Power

JE Dukovany, modernizace 8 VT dílů

- **Výměna průtočné části (rotor, rozváděcí kola, vnitřní těleso)**
 - **Důvod**
 - Téměř vyčerpaná výpočtová životnost
 - Prodloužit životnost o více než 25 let
 - Zvýšená hltnost s ohledem na uvažované zvýšení výkonu reaktoru
 - Zvýšení účinnosti a spolehlivosti
 - **Podmínky**
 - Extrémně krátká doba realizace
 - **Realizace v letech 2009 - 2012**

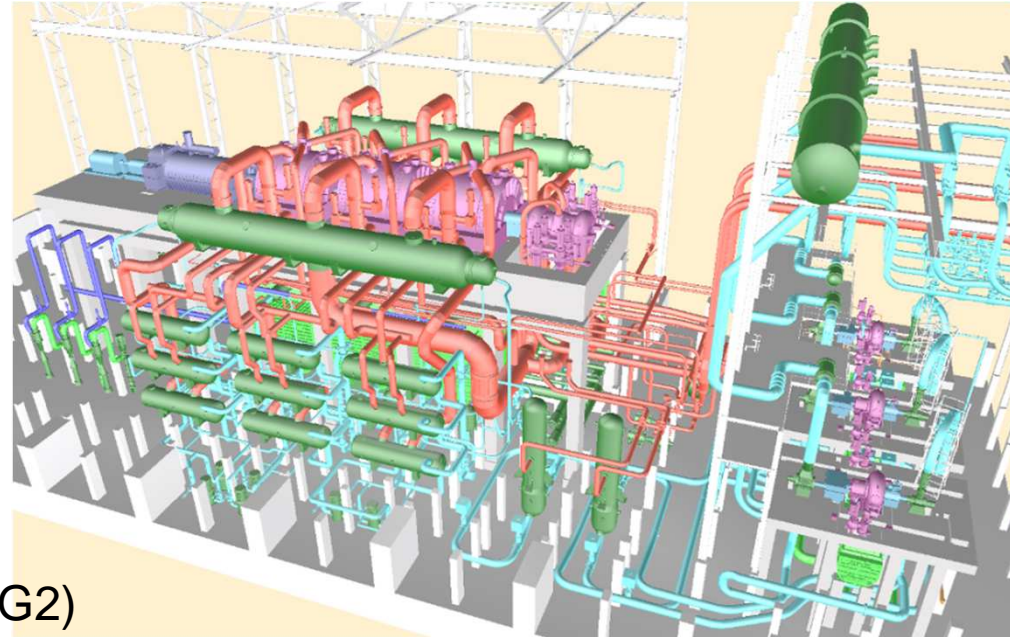


JE Temelín

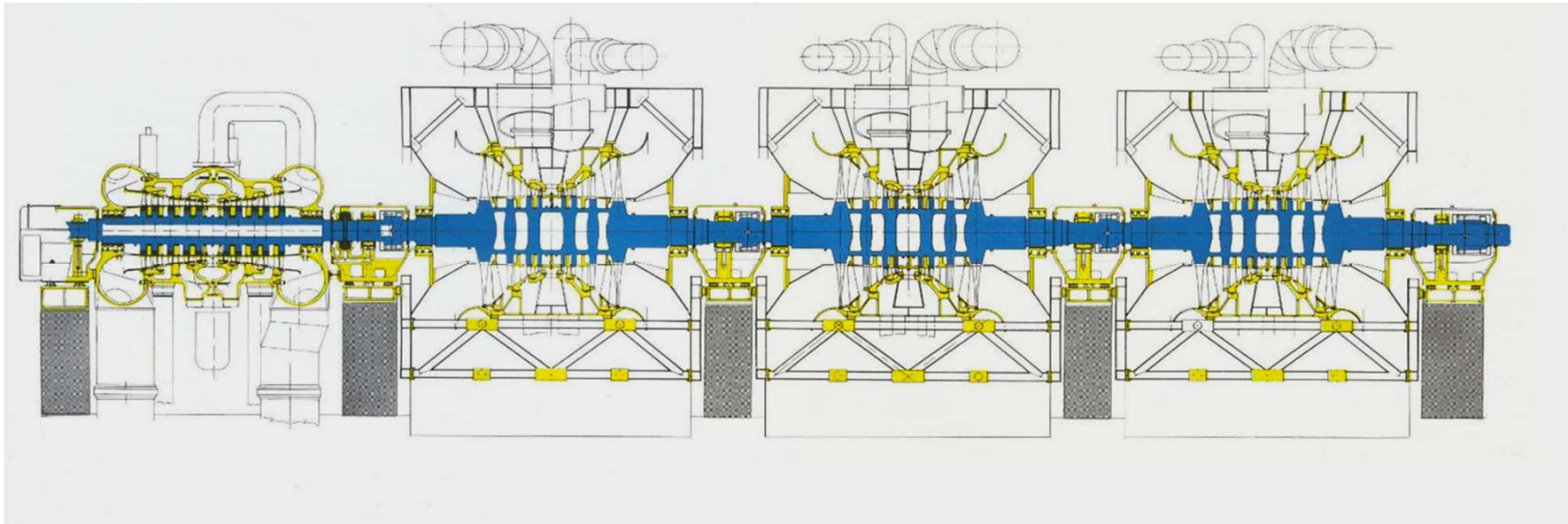


Hlavní data turbíny 1000 MW

- Jmenovitý výkon 991,13 MW
- Teplota admisní páry 273,6 °C
- Tlak admisní páry 5,824 MPa
- Množství 5880 t/h
- Celková délka soustrojí 59 m
- Celková váha rotorů 326,4 t
- Jmenovité otáčky 3000 r.p.m.
- Rok výroby 1991 (TG1) a 1993 (TG2)
- Ukončení montáže TG1 – prosinec 1995
- Test na cizí páru – 1996
- Začátek zkoušek – 2000



Hlavní data turbíny 1000 MW



Jmenovitý výkon	991,13 MW	Tlak admisní páry	5,824 MPa
Teplota admisní páry	273,6 °C	Jmenovité množství	5880 t/h
Hmotnost turbíny včetně potrubí a armatur	2200 t	Jmenovité otáčky	3000 1/min
Celková délka soustrojí	59,035 m	Délka rotorů turbíny	36,45 m
Hmotnost rotorů	326,4 t	Obvodová rychlost na špičce poslední lopatky	2215 km/h



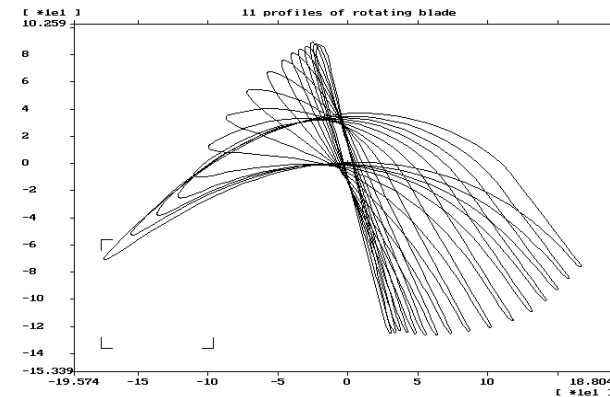
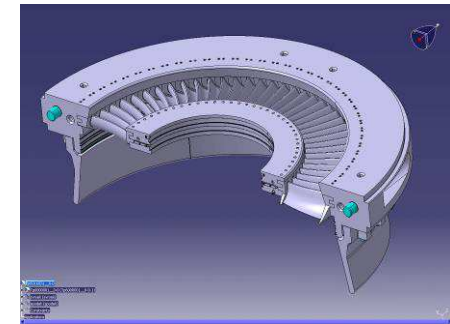
Modernizace turbíny 1000 MW – Temelín

- 2006 - Modernizace VT dílů
- 2014 – 2015 - Modernizace NT dílů

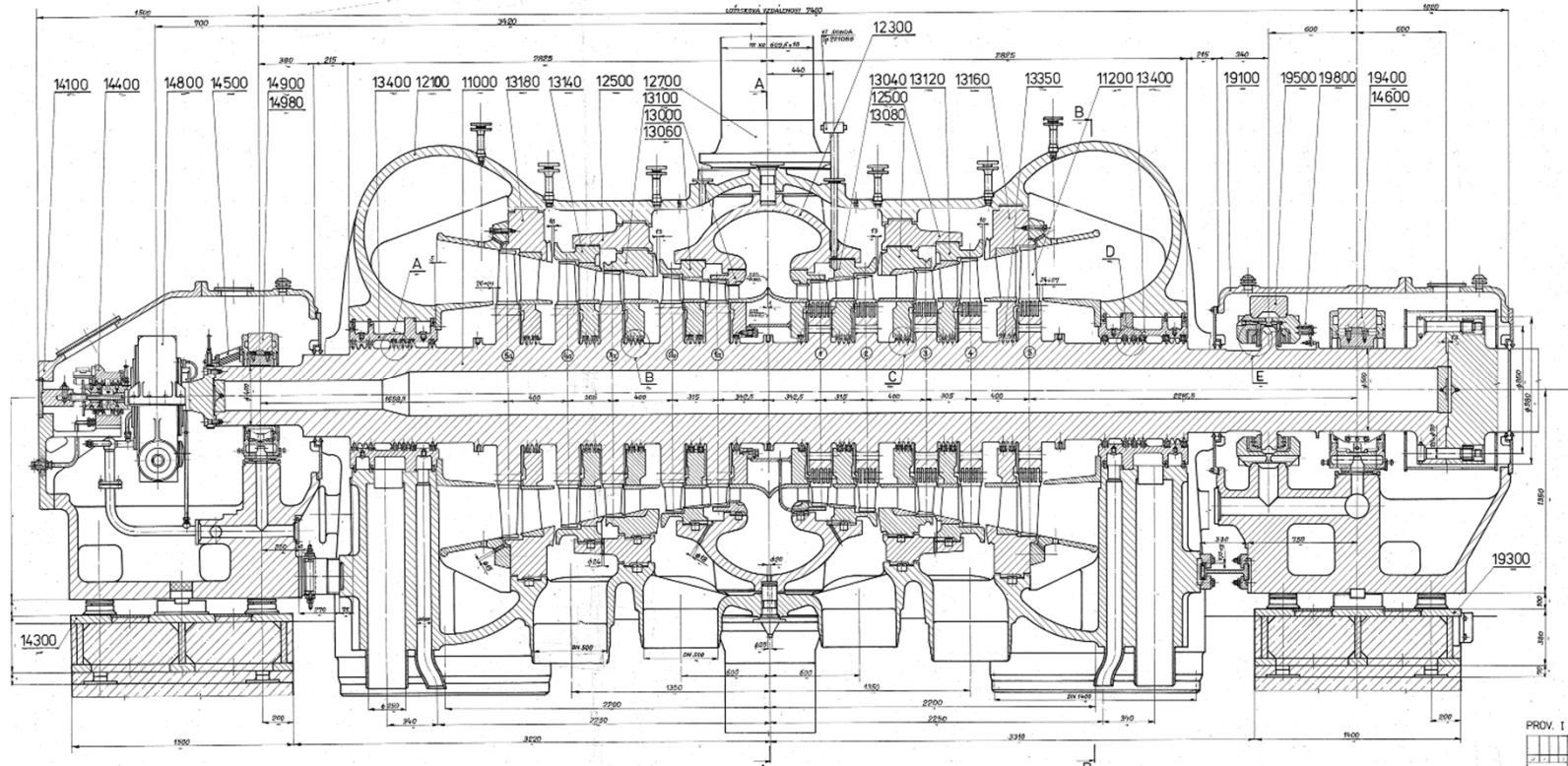


Modernizace VT dílu

- **Výměna průtočné části VT dílu**
 - Důvod
 - Design z roku 1982
 - Zvýšení účinnosti a spolehlivosti
 - Podmínky
 - Krátký čas pro montáž
- **Výsledek**
 - Zvýšení účinnosti VT dílu nejméně o 2,5 % (zvýšení jmenovitého výkonu na 1020 MW)



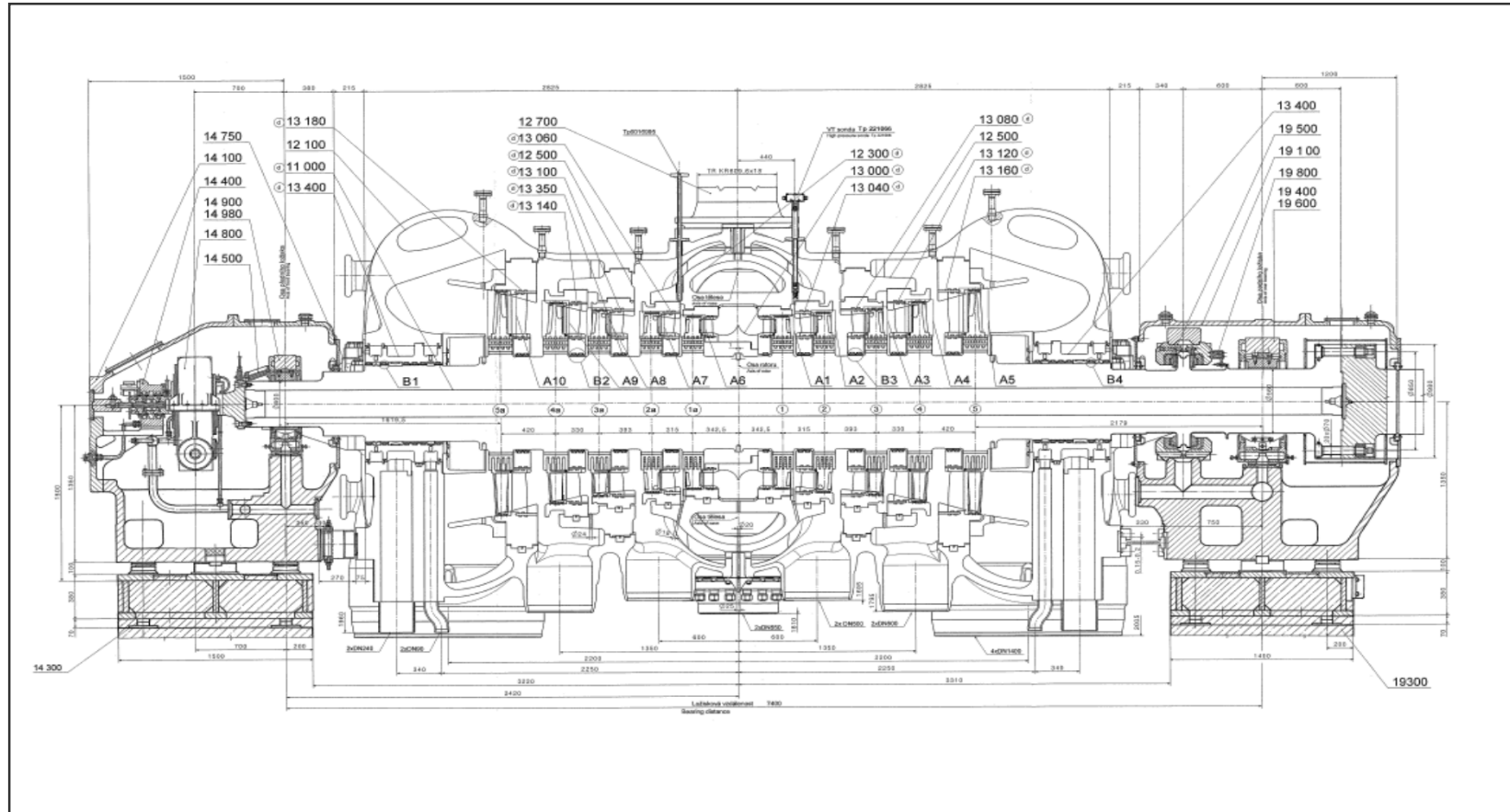
Modernizace VT dílu



Original design



Modernizace VT dílu



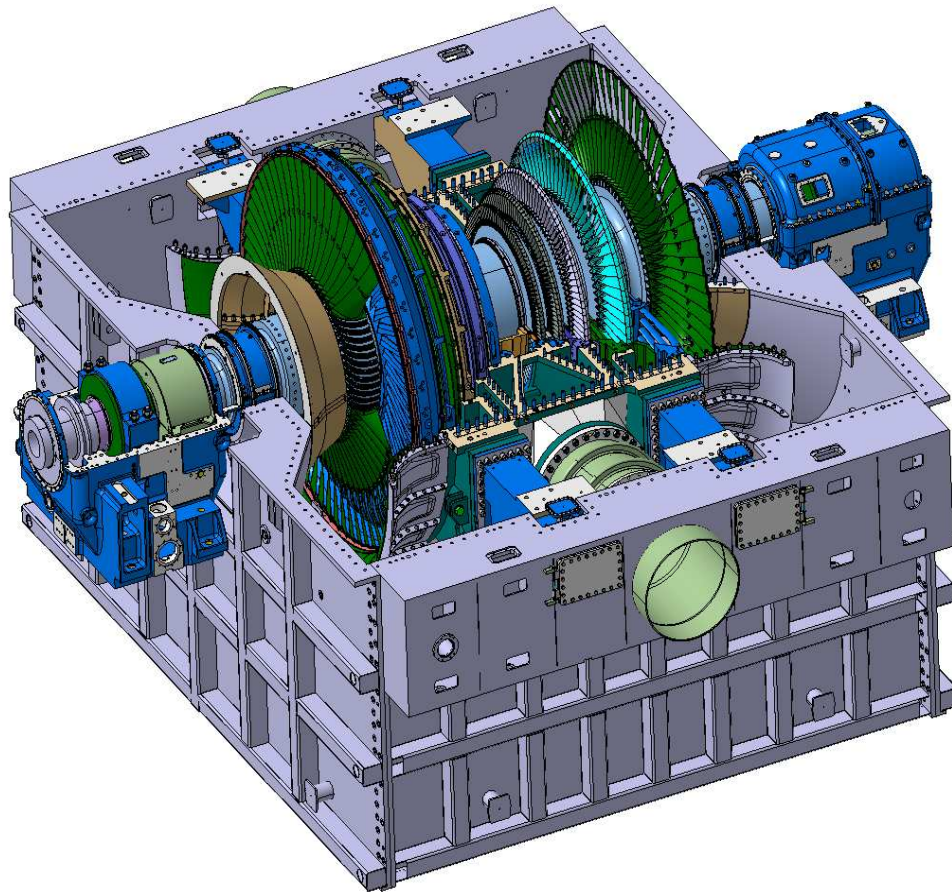
Nový design



Doosan Škoda Power

Modernizace NT dílů – realizace 2014, 2015

Modernizace NT dílů



- Nový olopatkovaný rotor (5 stupňů místo původních 4)
 - NT rozváděcí kola
 - NT vnitřní těleso
 - Nové vnější ucpávky
 - Nová ložiska
-
- Pro 104% výkon reaktoru turbína dosáhla výkonu 1085 MWe

Modernizace turbíny 1000 MW – Temelín

Reaktor			
	1. blok		2. blok
Procentuální výkon [%]	100		100
Tepelný výkon [MWt]	3118		3121

Turbogenerátor			
	1. blok		2. blok
Otáčky [ot/min]	2999		3000
Elektrický výkon [MWe]	1089		1099

Meteo situace			
	1. blok		2. blok
Teplota [st. C]	1	Tlak [hPa]	956
Směr [st.]	335	Rychlost [m/s]	1,7
Vlhkost [%]	88	Srážky [mm/10 min]	0



Parní turbína pro nové jaderné bloky



Doosan Škoda Power

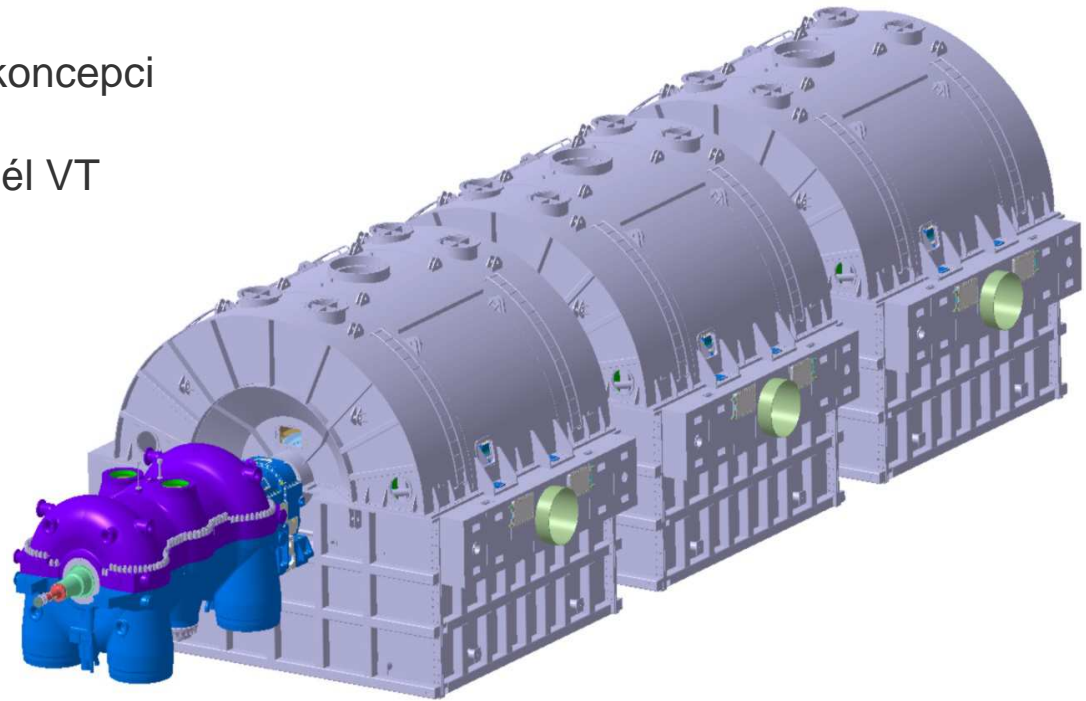
Turbína pro blok ~ 1200MWe

Nová turbína 1200MWe

- Nová turbína stejnou osvědčenou koncepcí jako existující Temelín # 1, 2
- 4 hlavní parní ventily umístěné podél VT dílu se čtyřmi vstupy



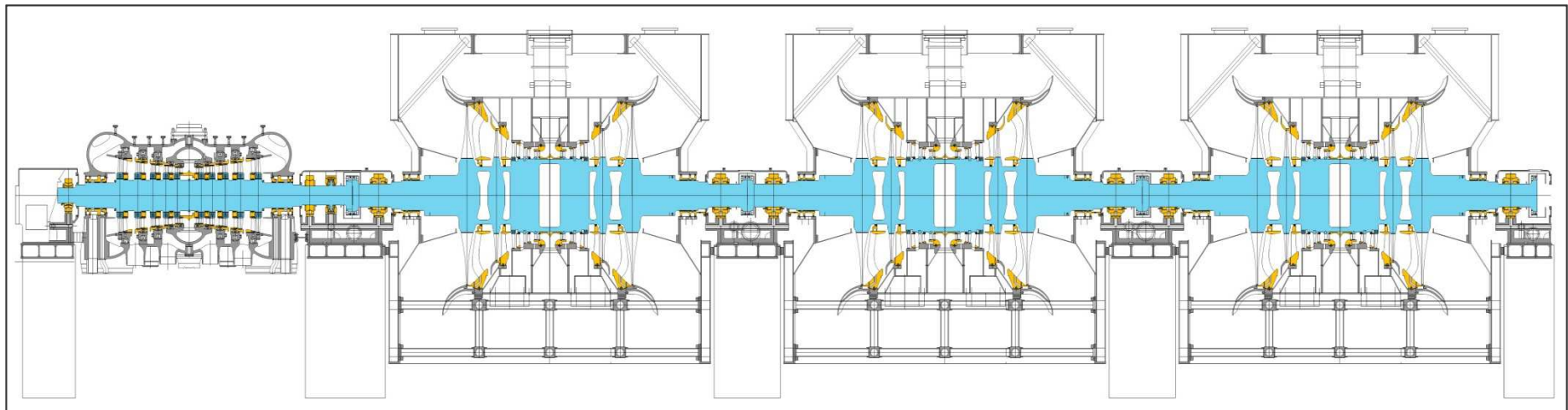
Strojovna JETE # 1, 2



Vstupy páry do NT dílů z obou stran pod dělicí rovinou

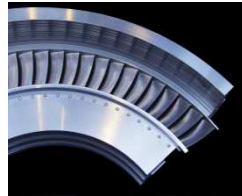
Podélný řez turbínou ~ 1200 MWe

Základní konfigurace turbíny: 1VT + 3NT s novou lopatkou 54 “

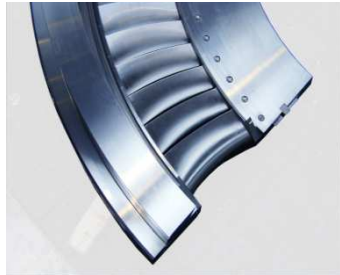


VT díl

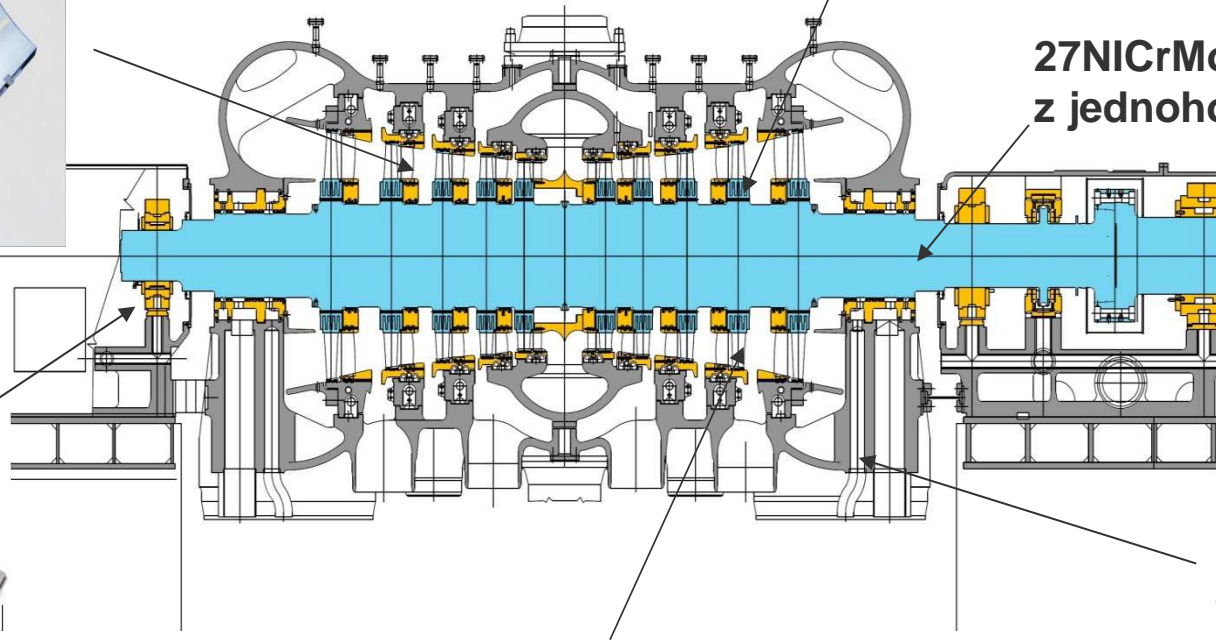
Přesná rozváděcí kola



Provozně osvědčené závěsy oběžných lopatek



27NiCrMoV15 6 rotor z jednoho kusu



12% Cr – těleso turbíny (G-X8CrNi12)

Osvědčená segmentová ložiska



Nové 3D lopatkování se zvýšenou reakcí

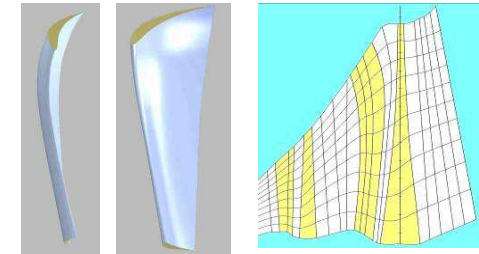
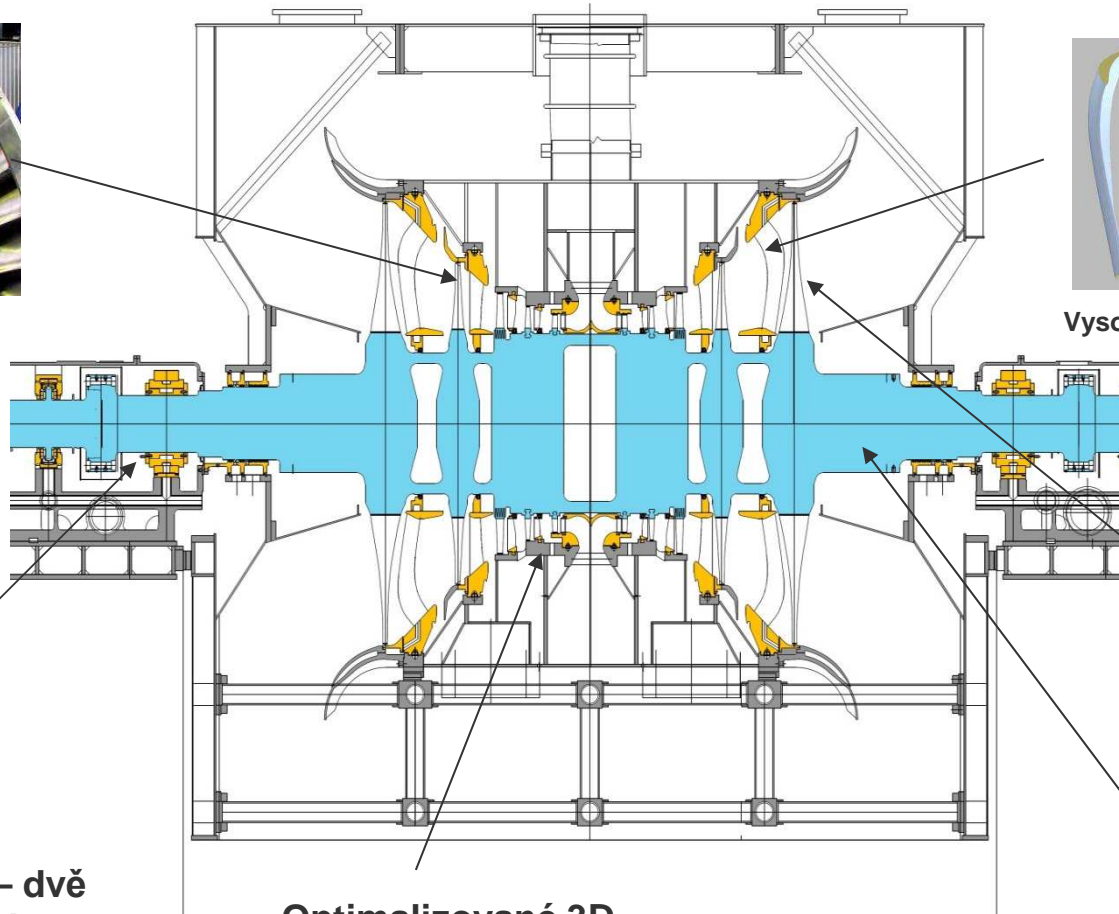


NT díl

Moderní ICB řešení bandáží



S355 ocel pro NT těleso

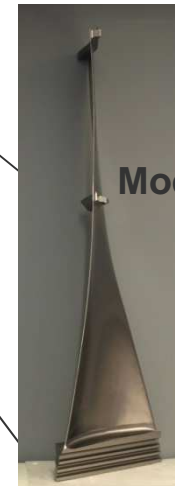


Vysoce účinné 3D rozváděcí lopatky



Ověřené řešení – dvě ložiska pro každý rotor

Optimalizované 3D reakční lopatkování pro první stupně



Moderní LSB 54"

27NiCrMoV15 6 svařovaný rotor



Doosan Škoda Power

Klíčové komponenty v konstrukci turbíny – svařování rotorů

- Vertikální poloha rotoru na rotačním stole
- Horizontální svařování dvěma hořáky v úzké šterbině TIG HOT WIRE
- Oddělené pracoviště pro nanášení střední vrstvy a PWHT
- Indukční předehřev
- Horizontální rotační elektrická pec pro WHT a test stability



Lopatka posledního stupně 54“ M8/50Hz z titanu



Délka	1375 mm
Patní průměr	1950 mm
Průtočná plocha	14.4 m ²
Přímý stromečkový závěs lopatky	
Dvě kontaktní místa	Bandáž + Tie-
boss	

Doosan Škoda Power

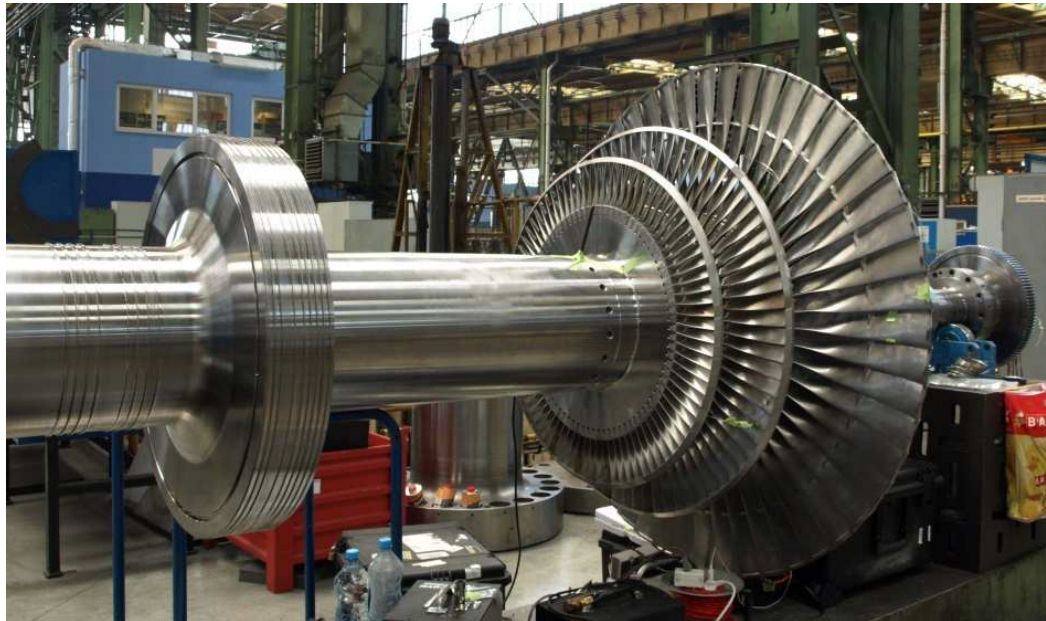
Zkušební stupeň s 54“ titanovou lopatku



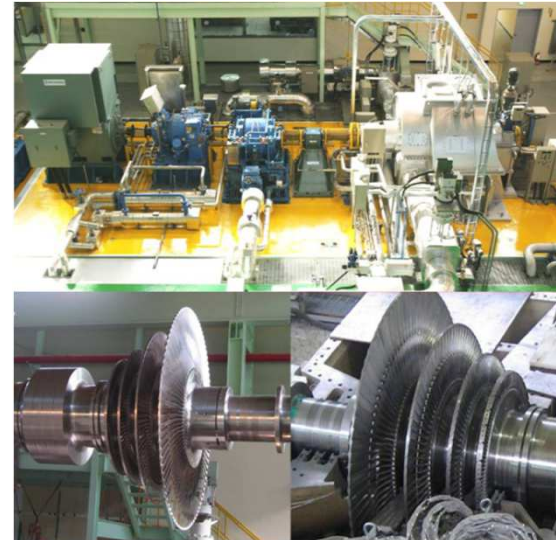
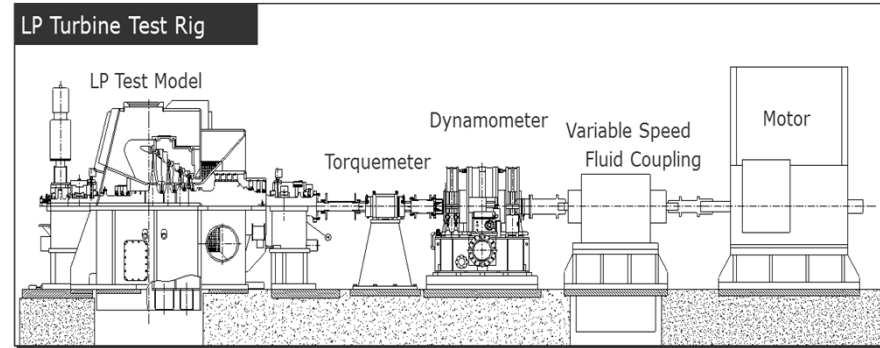
Doosan Škoda Power

Rotor s lopatkami pro parní test v měřítku 1:3,2

- Skupina posledních třech lopatek v měřítku 1: 3,2
- Vyrobeno ve Škoda
- Pro test v Doosanu v Koreji
- Účinnost a dynamické vlastnosti pro široký rozsah provozních zatížení



DOOPEX-I testování činnosti



Instalace: 2007

Použití: Ověření NT Test Modelu

- počet stupňů : 3~4 stupně

- Max. LSB délka: 50Hz 62"

1/3 měřítko

