

Příklady spolupráce pracovníků Západočeské univerzity v Plzni s průmyslovými podniky jaderného strojírenství a energetiky

Josef Voldřich

Nové technologie – výzkumné centrum
Katedra energetických strojů a zařízení Fakulty strojní
Západočeská univerzita v Plzni

Plzeň, 12.5.2016

- 1. Přínos spolupráce s firmami JS a JE pro technické fakulty**
- 2. Přírubové spoje horních bloků tlakových obálek reaktorů VVER 440 a VVER 100 + přetěsnění kroužky z EG**
- 3. Koš CASTOR 440/84 M – mechanické analýzy**
- 4. Mechanické analýzy obalových souborů s jadernými materiály a radioaktivními látkami**
- 5. Různé**

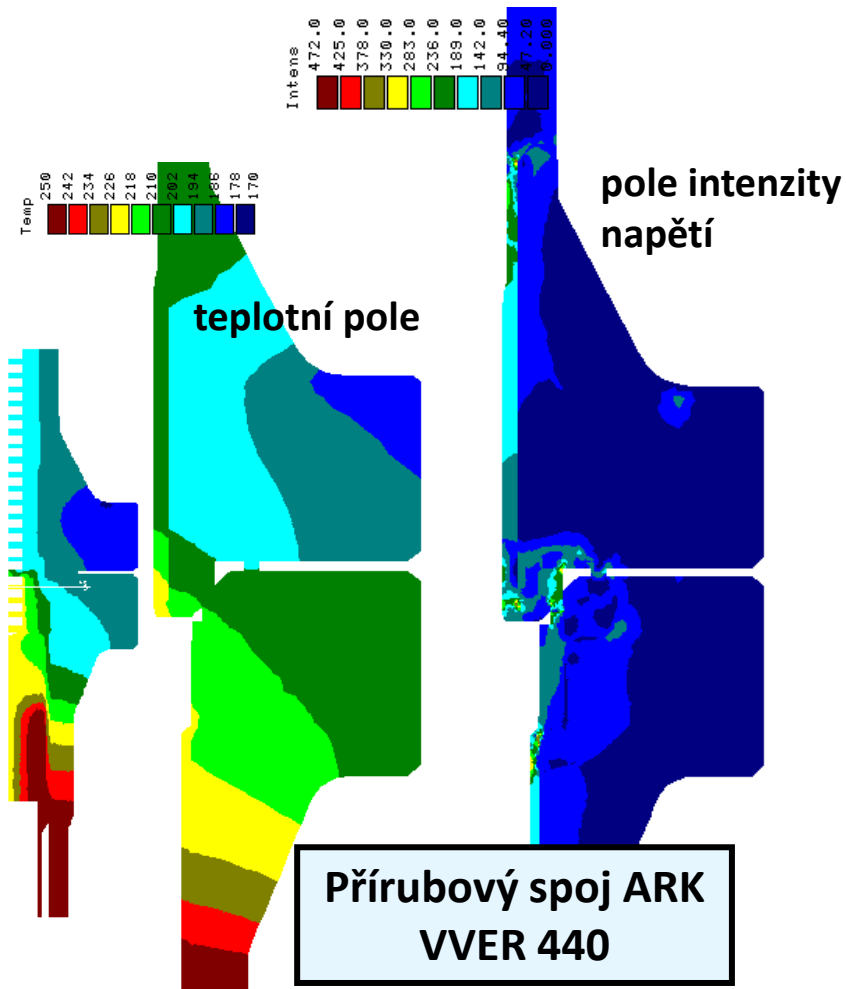
1. Přínos spolupráce pro technické fakulty

- **Posiluje naši důvěryhodnost před veřejností, že prostředky na výuku jsou účelně vynakládány**
- **Zpětná vazba s inženýrskou praxí pro naše pedagogické působení**
- **Smluvní výzkum**
- **Hledání souladu virtuálního (počítačového) versus „fyzického“ inženýrského konání**
- **Posilování imunity technických fakult proti iracionálním tendencím naší doby**

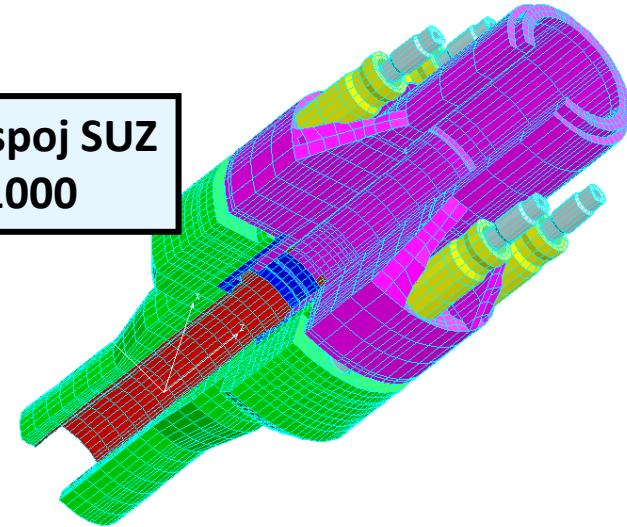
2. Přírubové spoje HB TN reaktorů VVER

V 90. letech minulého století výpočty namáhání přírubových spojů **metodou konečných prvků**.

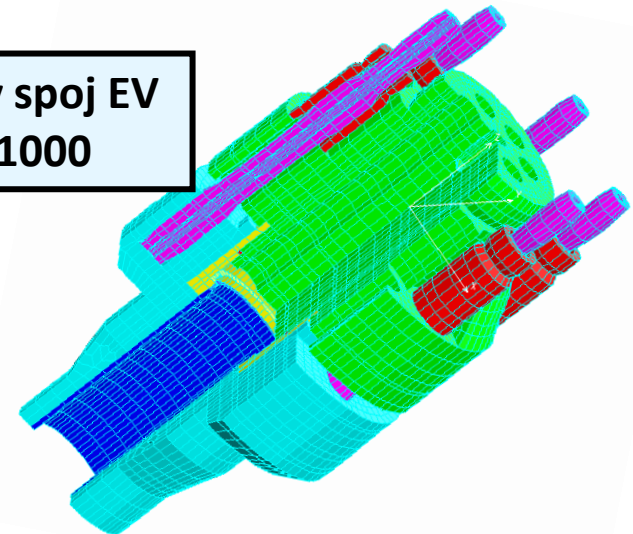
Začínalo se s rotačně symetrickými modely.



Přírubový spoj SUZ
VVER 1000



Přírubový spoj EV
VVER 1000



2. Přírubové spoje HB TN reaktorů VVER

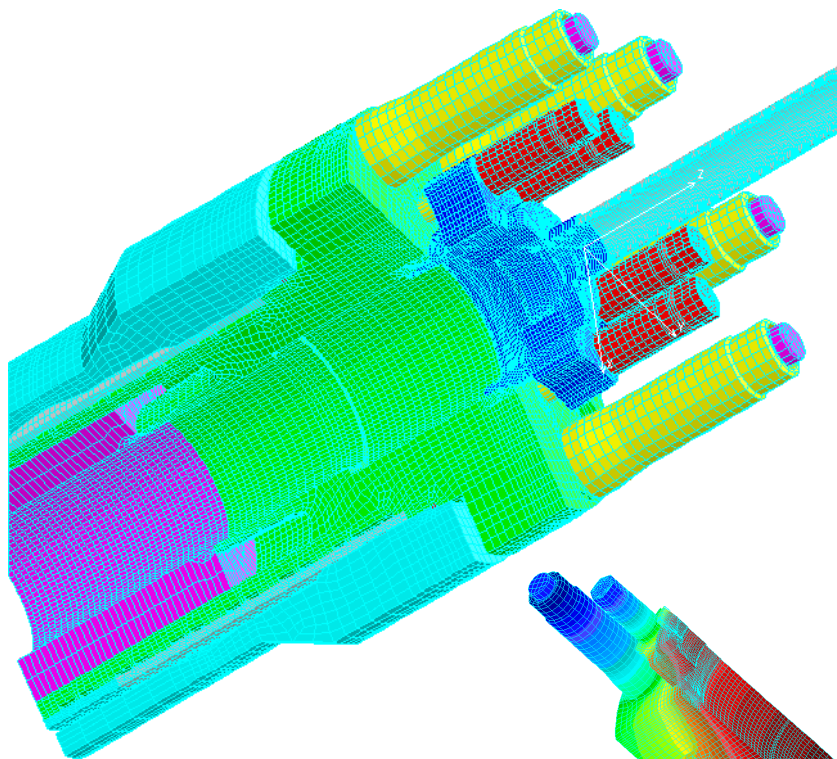


FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

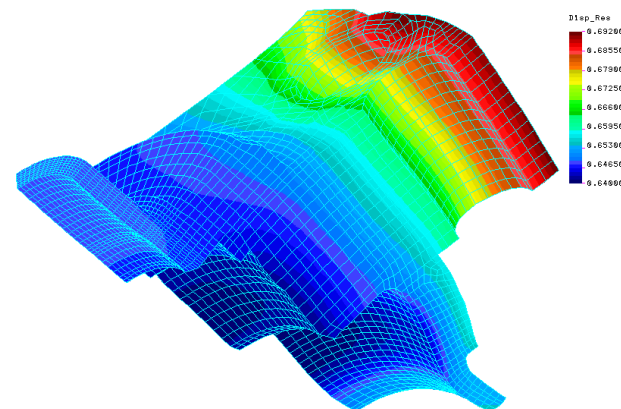


NOVÉ TECHNOLOGIE
VÝZKUMNÉ CENTRUM
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

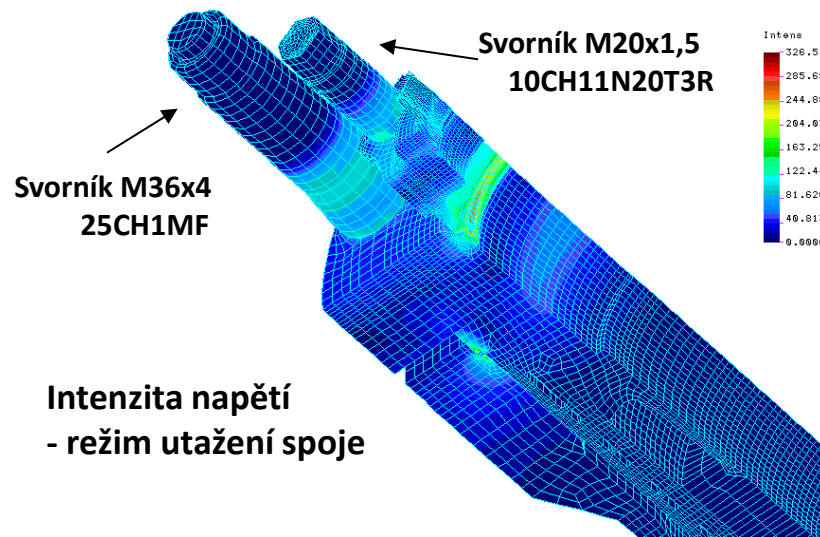
Tlakové části pohonu VVER 440



Příklad teplotního pole



zvětšené deformace příruby ukazatele polohy
– režim utažení šroubů



Intenzita napětí
- režim utažení spoje

2. Přírubové spoje HB TN reaktorů VVER

Vývoj utěsnění přírubových spojů kroužky z expandovaného grafitu

Jaderné
elektrárny

Zkušenosti
s niklovými kroužky

Tlaková zkouška

Provoz

ŠKODA JS a.s.

Zkušenosti
oddělení výpočtů

Zkušenosti
konstrukce,
výroby

Montážní
zkušenosti

Experimentální
program celých
spojů

Komplexní
posouzení

Rozhodnutí
– např. utahovací
síly a momenty

Zkoušky kroužků
z exp. grafitu

Západočeská
Univerzita

Materiálový
model exp.
grafitu

Výpočty těsnosti SUZ
a TK pro VVER1000

Výpočty utahovacích momentů,
výpočetní kontrola těsnosti,
výrobní tolerance těsnění
(VVER 440, VVER 1000)

Kontrolní výpočty
pevnosti a
životnosti

Ostatní

Technické podmínky
výrobce exp. grafitu,
norma DIN

Metodika a požadavky
normy PNAE G-7-002-86

2. Přírubové spoje HB TN reaktorů VVER

Vlastnosti nového utěsnění kroužky z EG

- výrazná změna poddajnosti spoje
- výrazně nižší utahovací síly a momenty všech spojů
- snižuje se amplituda sil způsobených změnou teplotního pole

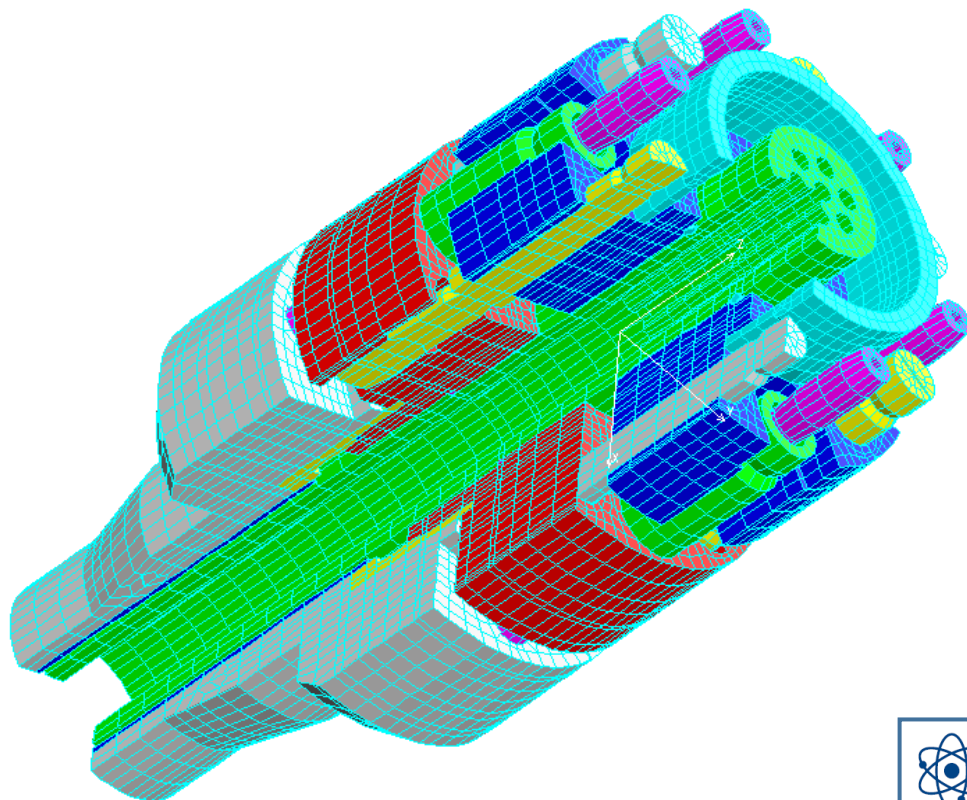
- příznivý vliv na utěsnění spojů
- výrazné snížení únavového poškození svorníků a šroubů
- výrazné snížení únavového poškození závitů

2. Přírubové spoje HB TN reaktorů VVER



Kumulace únavového poškození pro projektované zátěžové bloky

		Exp. grafit	Nikl
Hlavní svorníky (38CHN3MFA)	Horní závit	0,04	0,42
	Dolní závit	0,26	0,63
Přítlačné šrouby (10CH11N20T3R)		0,04	0,3



Přírubový spoj TK
VVER 1000

2. Přírubové spoje HB TN reaktorů VVER

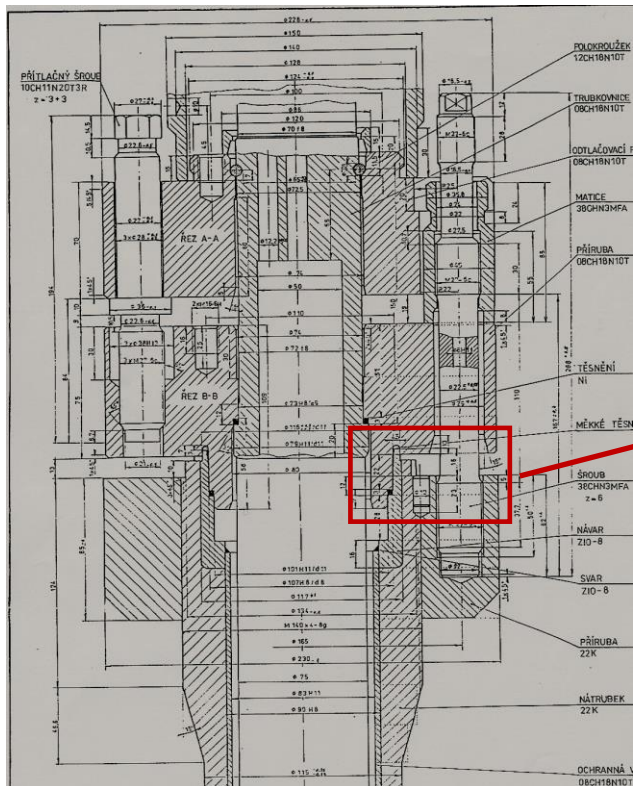


FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

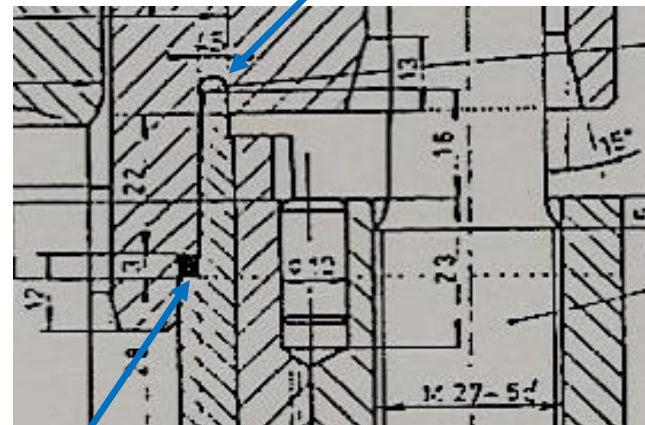


NOVÉ TECHNOLOGIE
VÝZKUMNÉ CENTRUM
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

Tandemové utěsnění kroužky z expandovaného grafitu



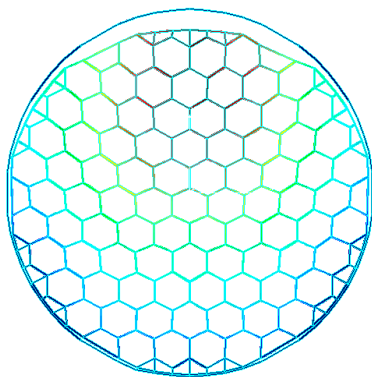
Sekundární těsnění



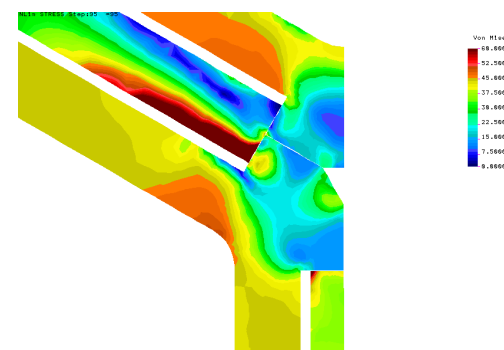
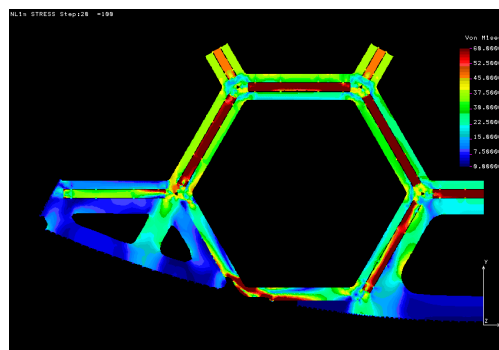
Primární těsnění

3. Koš CASTOR 84/M – mechanické analýzy

Pomoc s prokázáním pevnosti koše při pádových zkouškách pro jeho typové schválení SÚJB



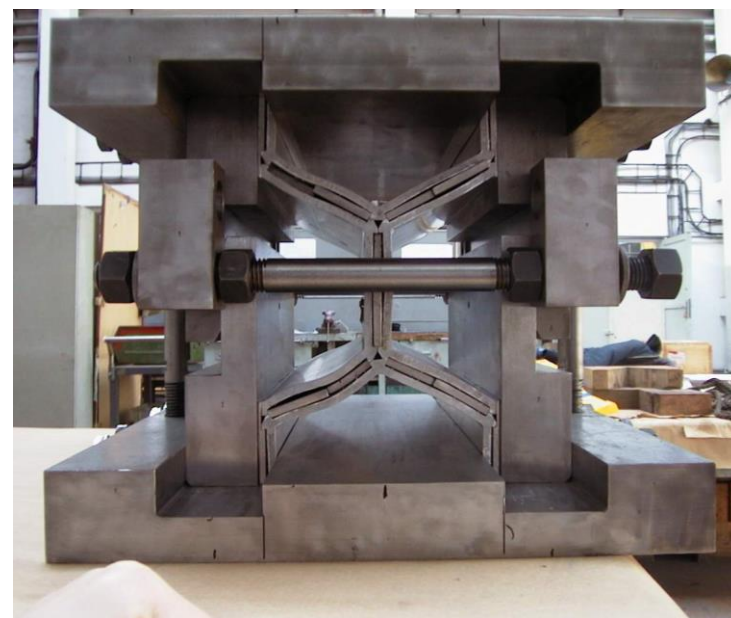
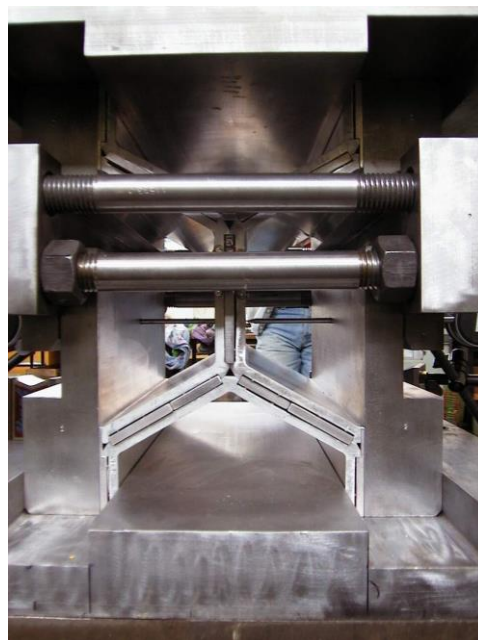
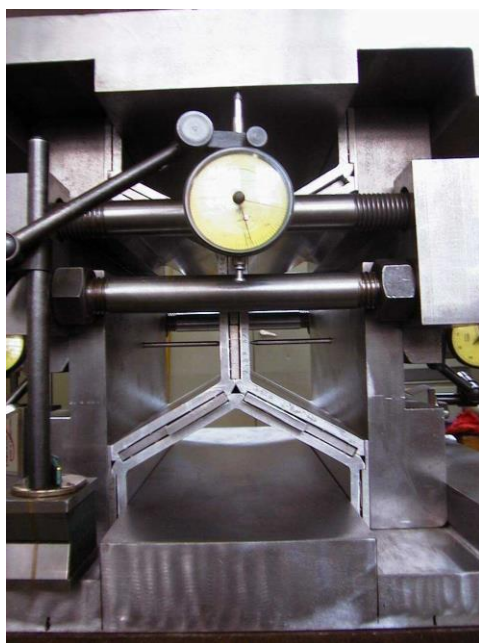
Zvětšené deformace při pádu



3. Koš CASTOR 84/M – mechanické analýzy

Validace výpočtů a průkaz pevnosti klíčových konstrukčních uzlů experimentem

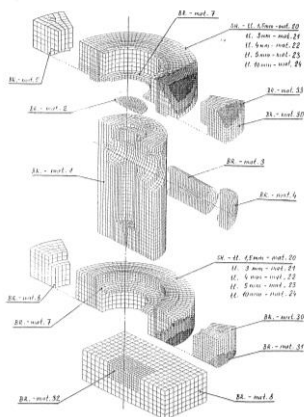
Spolupráce Západočeské univerzity, Škoda JS, a.s., a Škoda Výzkum, s.r.o.



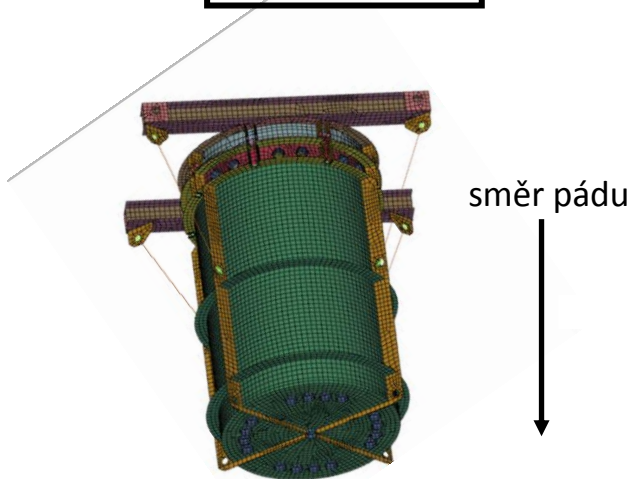
Část koše vložena do přípravku a stlačena pod lisem. Ve vybraných místech pečlivě měřeno napětí a deformace (změny rozměrů).

Stav po násobném zatížení a následném odlehčení.

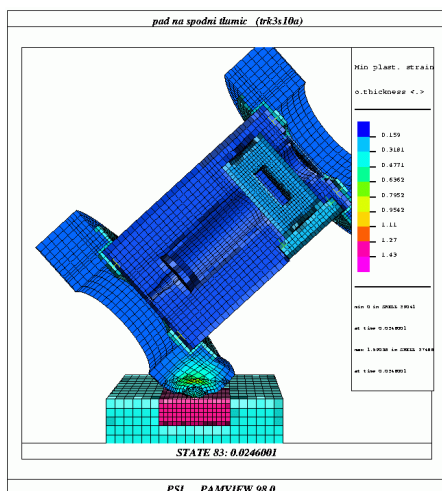
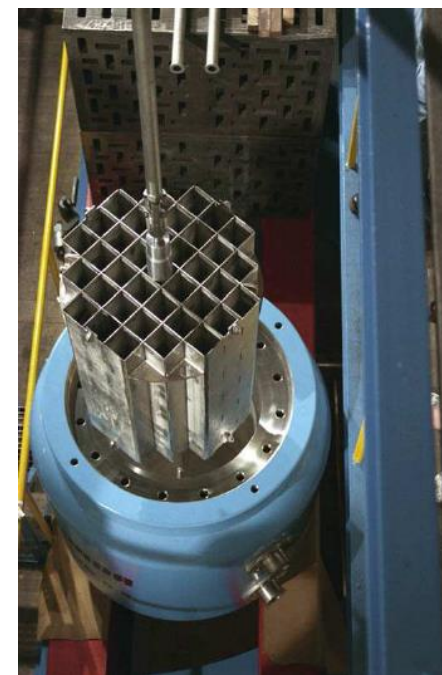
4. Mechanické analýzy obalových souborů

KNI

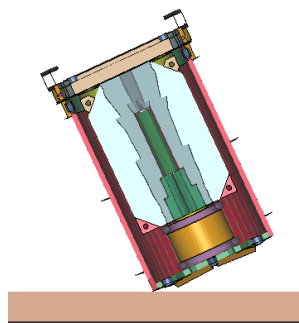
PETA 6/ P6



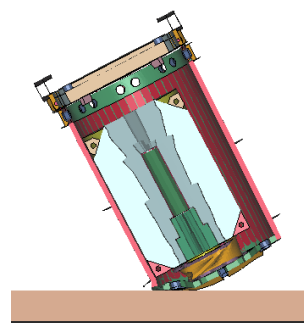
VPVR/M



čas 0



čas 0,045 s



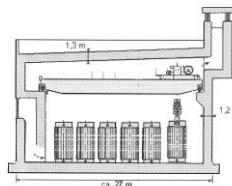
4. Mechanické analýzy obalových souborů

Hypotetický teroristický útok velkým dopravním letadlem na sklady vyhořelého jaderného paliva JE Temelín a JE Dukovany

Energoprojekt – vedení projektu, stavební část

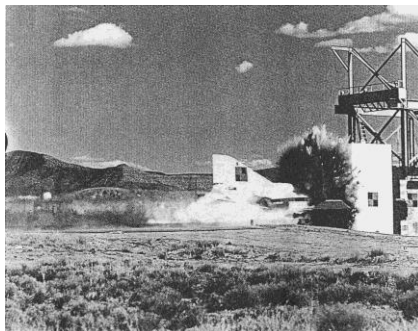
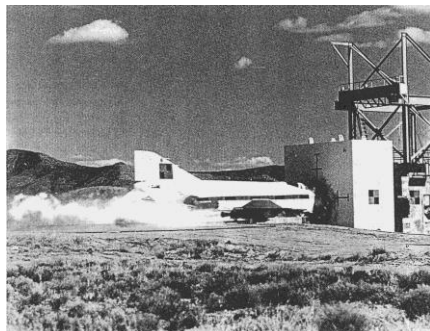
ŠKODA JS – odvod tepla, stínění

Západočeská univerzita – analýza mechanických účinků na obalové soubory



Oba objekty ve stejném měřítku

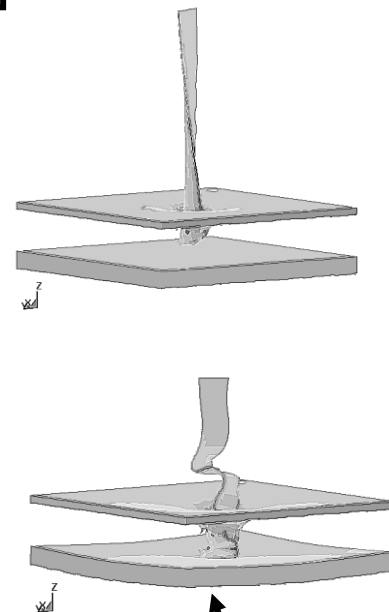
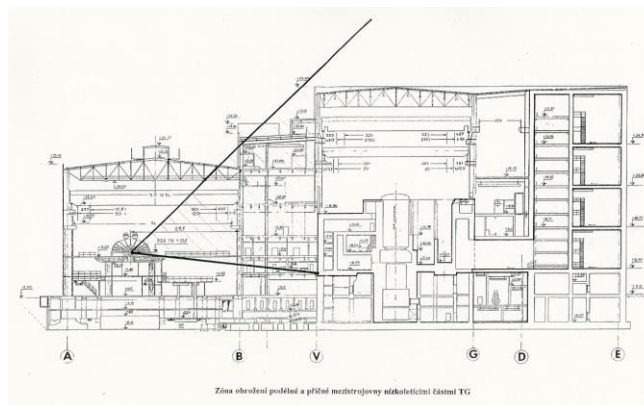
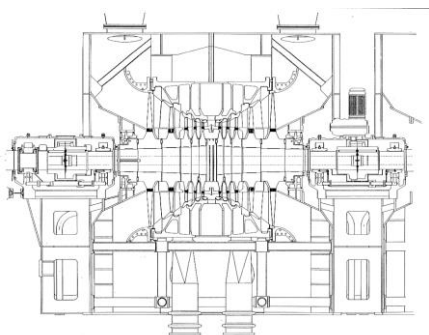
Jak tuhé je letadlo a jeho motory ???



Zkoušky Američanů se stíhačkou F16
– potvrzení Rierovy formule.

Projekt hodnocení letících úlomků pro JE Mochovce

projekt s ŠKODA Praha a VÚJE Trnava



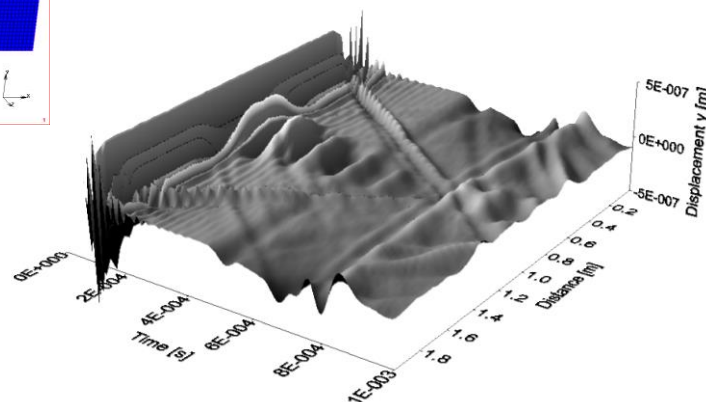
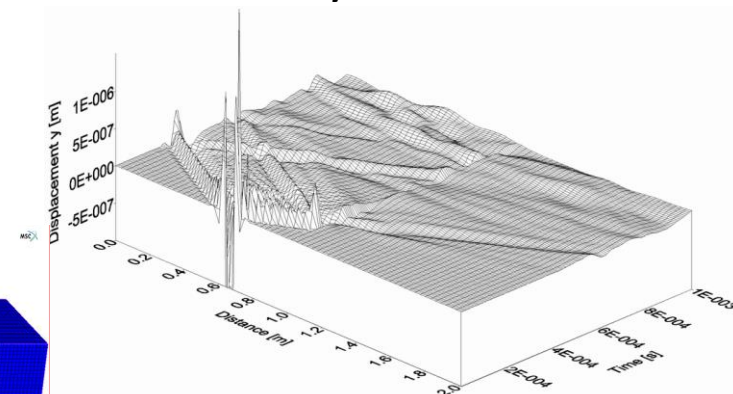
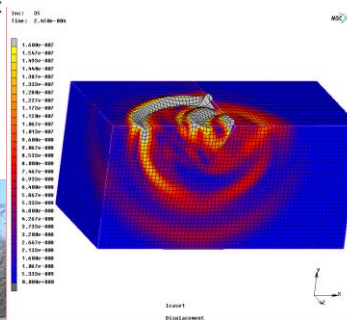
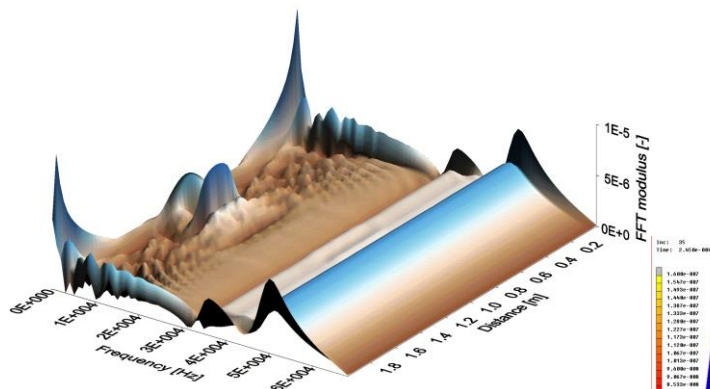
Ochranná bariéra – JE Mochovce

Ověření výpočetního modelu střelbou z děla – měřena rychlost střely před ocelovou deskou a po jejím průrazu



Vývoj metody impakt-echo pro hledání trhlin v betonu

- spolupráce s ÚJV Řež a dalšími partnery
- šíření napět'ových vln
- experimenty 1:1, různé diagnostické metody
- detekce armovacích tyčí
- detekce trhlin, jejich sklonu, hloubky
- detekce dutin, jejich velikosti, orientace
- detekce dutin sanovaných CarboPurem



5. Různé



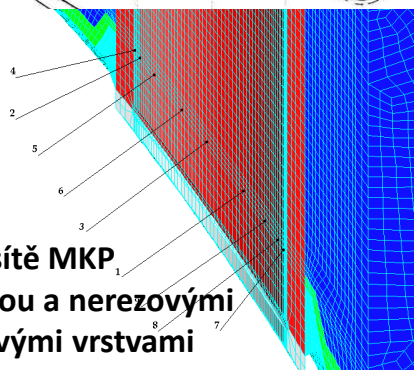
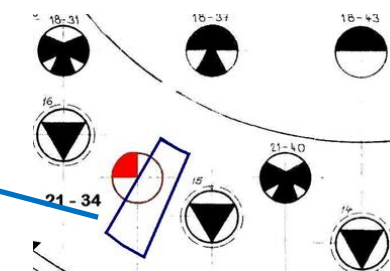
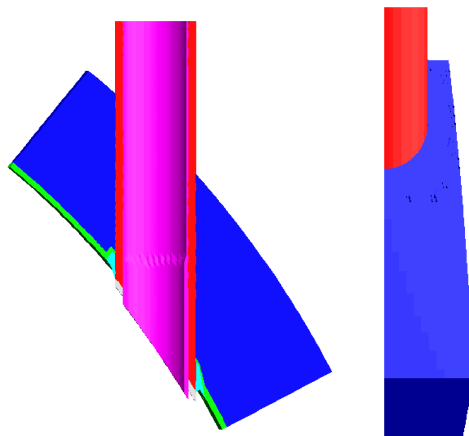
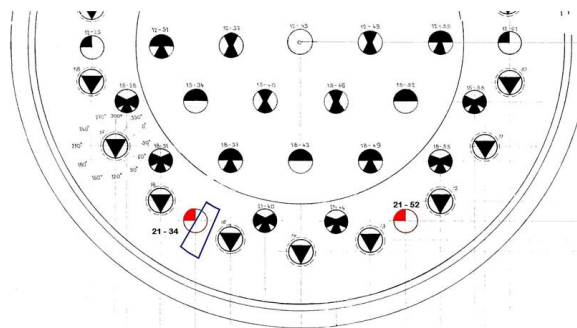
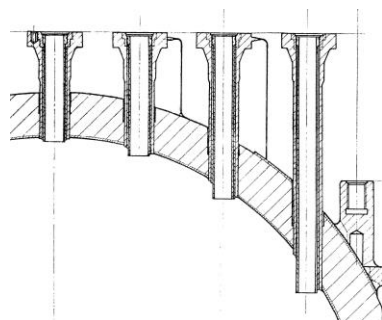
FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI



NOVÉ TECHNOLOGIE
VÝZKUMNÉ CENTRUM
ZÁPADOČESKÉ
UNIVERZITY
V PLZNI

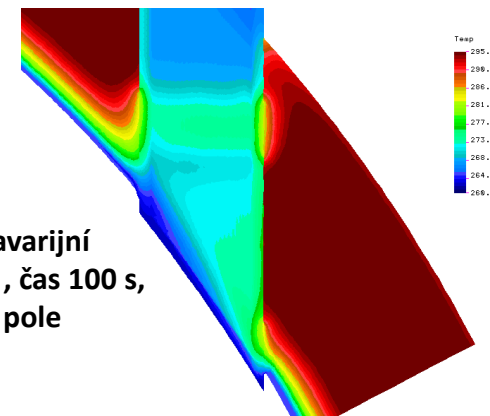
Hypotetická vada nátrubku TN VVER 440

posuzována např. různá hloubka vybroušení vady

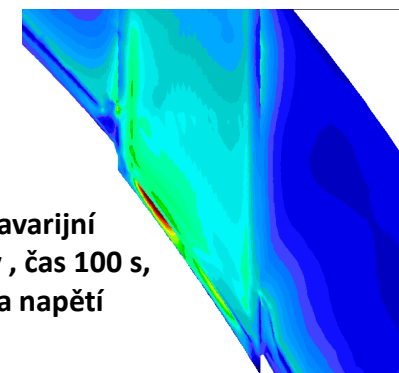


Detail sítě MKP
s vložkou a nerezovými
návarovými vrstvami

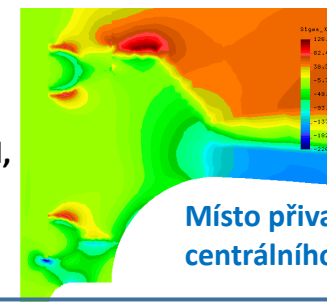
Zásah havarijní
ochrany , čas 100 s,
teplotní pole



Zásah havarijní
ochrany , čas 100 s,
intenzita napětí



Zavaření dvou vad,
radiální napětí při
pracovním režimu



Místo přivaření
centrálního nátrubku

Zmíněny byly práce jen jedné malé výzkumné skupiny.

V oboru mechanika provedl další práce související s vibracemi různých zařízení, včetně reaktorů VVER, prof. Ing. V. Zeman, DrSc., se svými spolupracovníky.

Děkuji za pozornost.