



Revalidace potrubí DN 700 po dvouleté odstávce

Ing. Aleš Brynych
CEPS a. s.
Česká republika

Alexandrs Jelinskis
SIA „LatRosTrans“
Lotyšsko



Rok 2001 – ukončení přepravy ropy ropovodem DN 700 Polock – Ventspils





250 km ropovodu na území Lotyšska odstaveno z provozu

V letech 2010–2013 bylo společností CEPS postupně

- vyprázdněno
- chemicky vyčištěno
- zakonzervováno

250 km ropovodu DN 700 Polock – Ventspils





Výsledek provedených prací

- vytlačení „mrtvého objemu“ ropy z potrubí
- trvalé odstranění rizika znečištění životního prostředí způsobeného únikem ropy
- připravenost potrubí k jeho revalidaci v případě požadavku na jeho budoucí využití



Konverze ropovodu pro přepravu jiného media

- rok **2012** – vlastník ropovodu rozhodl prověřit možnost revalidace (komplexního ověření integrity) potrubí za účelem jeho budoucího využití
- rok **2013** – CEPS uskutečnil revalidaci na 8 km potrubí u čerpací stanice Džūkste





Základní kroky revalidace

1. Materiálové zkoušky vzorků z potrubí
2. Modelová zkouška testu integrity trubního tělesa
3. Off-line inspekce pomocí TFI ježka
4. Analýza výsledků vnitřní inspekce
5. Vypracování programu nutných oprav
6. Realizace programu oprav
7. Test integrity potrubí
8. Sušení
9. Inertizace



Technické parametry potrubí

- potrubí ropovodu bylo **postaveno koncem 60. let** minulého století
- k použitému trubnímu materiálu se nedochovaly **žádné dokumenty kontroly**
- dle informací od provozovatele se jedná o podélně svařované potrubí z oceli **17 GS** dle GOST 5058-65
- minimální požadované parametry oceli 17 GS

R_e [MPa]	R_m [MPa]	A [%]	KCV při 0 °C [J/cm ²]
min. 345	min. 510	min. 23	min. 34



Materiálové zkoušky vzorků z potrubí

- výsledky základních materiálových zkoušek

Orientace odběru vzorku	$R_{p_{0,2}}$ [MPa]	R_m [MPa]	A [%]	KCV při 0 °C [J/cm ²]
obvodový směr	375	561	26,60	56
podélný směr	373	560	28,07	79

- podle výsledků provedených základních materiálových zkoušek trubní materiál **vyhovuje požadavkům ruských standardů**
- lomově-mechanické zkoušky prokázaly, že základní materiál potrubí má **dobrou schopnost otupit a zablokovat ostré vady typu trhlin**



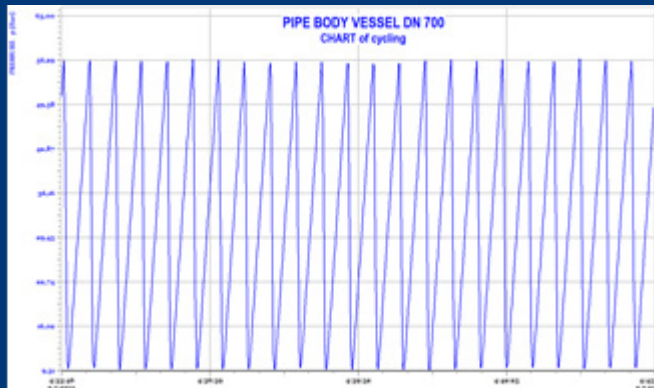
Modelový test integrity zkušebního tělesa





Cyklické zkoušky zkušební tělesa

- zkušební těleso bylo podrobeno únavovému cyklickému zatěžování při **rozmezí tlaku cca 9,3 až 56,7 bar**
- v průběhu **7 dní** bylo provedeno **16 194 cyklů**
 - frekvence 1 cyklus / 1 den simuluje více než 40 let dalšího života potrubí
- při cyklickém zatěžování nebyl nalezen žádný zdroj akustické emise vykazující znaky rozvoje únavového poškození materiálu





Tlakování do destrukce



- **destrukce** trubního materiálu zkušební tělesa nastala při tlaku **101,45 bar**
- příčinou destrukce bylo porušení integrity trubního materiálu v přechodové oblasti podélného továrního svaru



Zhodnocení materiálových a modelových zkoušek

- po více než čtyřicetileté době provozu **nebyly zjištěny žádné známky degradace trubního materiálu** a jeho vlastnosti s rezervou splňují požadavky dle standardu 17 GS dle GOST 5520-79
- z výsledků testu integrity a z měření akustickou emisí vyplynulo, že v průběhu řízeného tlakového přetížení trubního vzorku k hranici mezi kluzu došlo ke **snížení vnitřních pnutí a stabilizaci vad v materiálu potrubí**
- v průběhu cyklických zkoušek nebyl v trubním vzorku akustickou emisí detekován **žádný rozvoj nebezpečných vad**

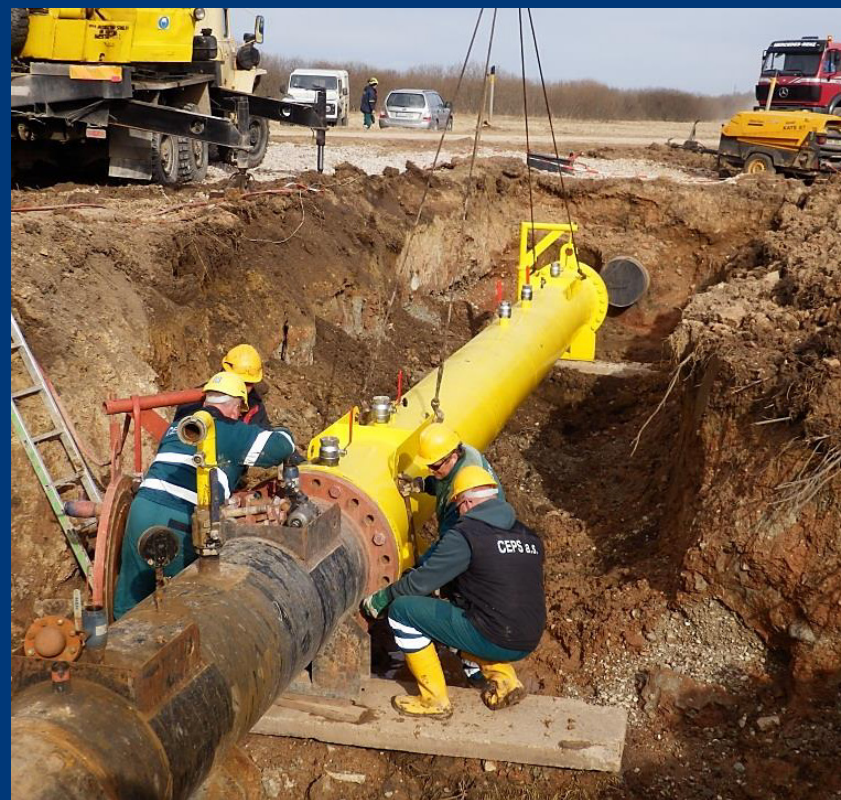


Vnitřní inspekce potrubí

- rok 2000 – proběhla vnitřní inspekce pomocí **MFL + UT ježků**, následně bylo čerpání ropy zastaveno
- rok 2000–2013 – tlak v potrubí snížen na minimum, v tomto provozním režimu se nepředpokládal rozvoj únavových vad (vznik a růst trhlin)
- vlastník potrubí rozhodl uskutečnit **před testem integrity off-line inspekci pomocí TFI ježka**
- cílem inspekce bylo **detekovat a lokalizovat vady, které by zcela jistě tlak při následném testu integrity nevydržely**



Off-line inspekce – příprava komor pro start a příjem TFI ježka



CEPS v předstihu zajistil návrh, výrobu a instalaci dočasných mobilních komor a mobilních nástavců pro provedení inspekce v režimu off-line



Off-line inspekce – příprava TFI



Příprava TFI



Zatahování TFI do mobilní komory



Zatlačování TFI
do mobilního nástavce



Off-line inspekce – pohon ježka náhradním médiem



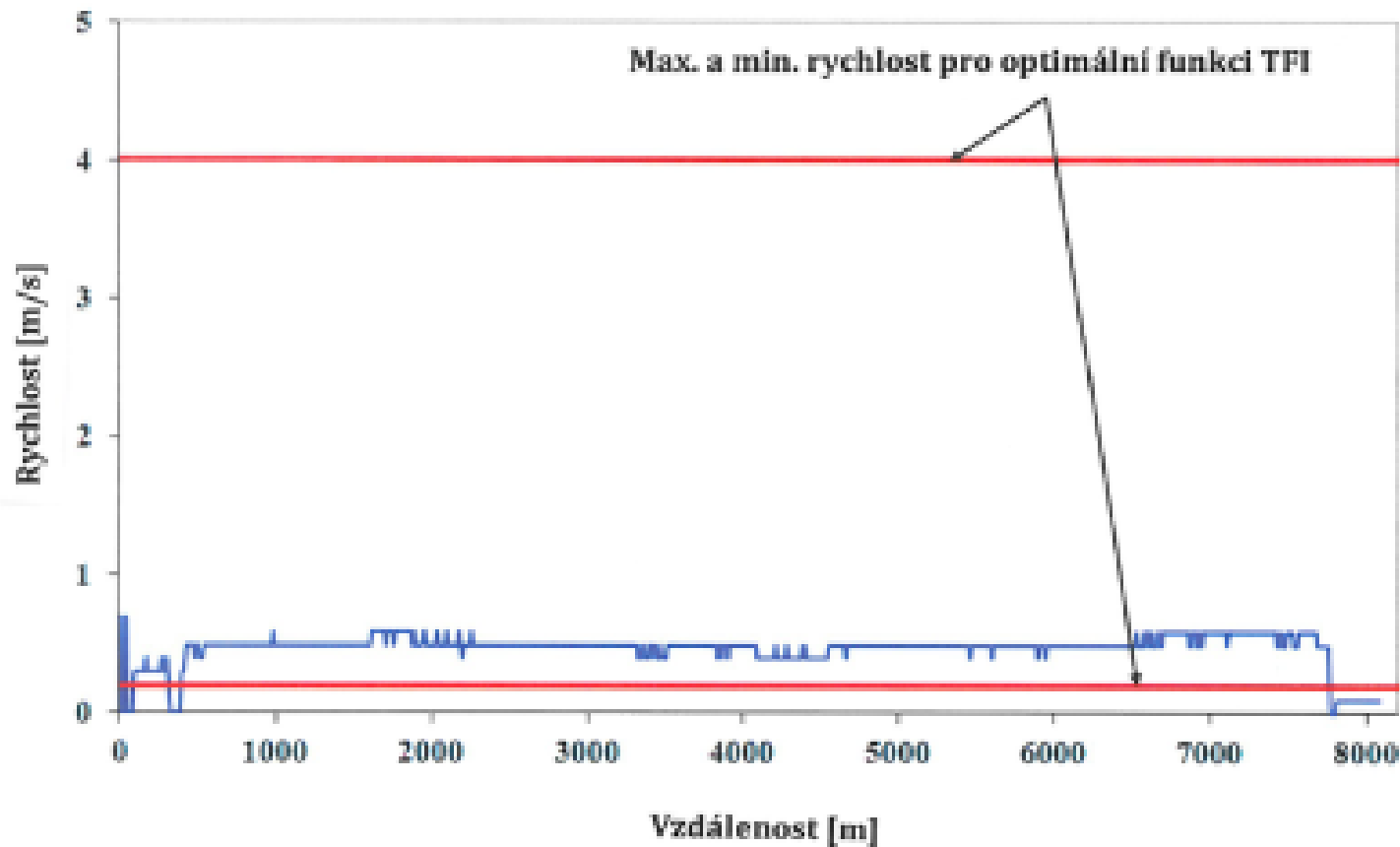
- nutno zajistit rovnoměrný posun TFI potrubím náhradním médiem rychlostí alespoň **0,5 m/s**
- jako náhradní medium použita **voda**
- minimální rychlost čerpání vody do potrubí cca **700 m³/h**
- pro zajištění dodávky vody byly vybudovány **4 dočasné vodovody**
- za 4,5 h načerpáno **3 100 m³/h**



**Napojení sestavy
vysílacích nástavců
na vodovodní potrubí**



Rychlost pohybu TFI ježka potrubím





Výsledky diagnostického průzkumu

Na základě provedené analýzy získaných dat, doporučil dodavatel vnitřní inspekce uskutečnit

- do 1 roku – **11 oprav**
- do 2 let – **1 opravu**
- do 10 let – **22 oprav**
- opravy dalších desítek vad při generální opravě

Pevnostní výpočty defektů byly počítány pouze pro **tlak 32,6 bar**.



Podstata testu integrity

Při testu integrity je přetlakem vody ve stěně trubky vyvozeno napětí blížíící se mezi kluzu, což způsobí

- **snížení a přerozdělení vnitřního pnutí ve stěně potrubí**
- **přerozdělení špiček napětí v místě stávajících vrubů**
- **snížení špiček napětí ve větších oblastech stěny**
(svar–přechodová zóna, deformace stěny)
- **zablokování rozvoje podkritických avšak růstuschopných vad**
- **bezpečné otevření nadkritických vad**

Výsledkem provedeného testu integrity je kromě ověření současného technického stavu potrubí především **vytvoření podmínek pro jeho další bezpečný provoz.**



Přehodnocení vad a doporučení z vnitřní inspekce vzhledem k následnému ověření integrity potrubí

Kombinace vnitřní inspekce a následného testu integrity umožňuje zásadně odlišný přístup k výsledkům vnitřní inspekce

- **vady velké (nadkritické)** se opraví výřezem
- **vady menší (podkritické)**, ale po vnitřní inspekci doporučené k opravě, se při tlakovém přetížení v rámci testu integrity stabilizují a oprava není nutná

Tento přístup **výrazně snižuje potřebný počet oprav potrubí** a zároveň jsou při testu integrity **prověřeny i defekty, které k opravě doporučeny nebyly** nebo **nebyly detekovány vůbec**.



Nový přístup k výsledkům vnitřní inspekce

- vady typu **promáčklin, drobných laminací a svarových defektů** nebyly opravovány
- vady typu **nežádoucích konstrukčních prvků** a vady **provizorně opravené** za provozu byly navrženy k opravě vždy
- vady typu **úbytku materiálu** byly přepočítány podle analytických metod
 - **B31.G (ASME)** modifikované
 - **RSTRENG**
 - **DNV – Code**
- **defekty, které by nevydržely zatížení při předpokládaném max. tlaku během testu integrity, byly určeny k výřezu**



Destrukce v průběhu testu integrity

- tlak 70,5 bar
- únik cca 10 m³ tlakové vody během 1 s
- nutno vždy zabezpečit trasu zkoušeného potrubí proti pohybu osob a techniky





**Stěna potrubí v místě
destrukce**



Destrukce podélného továrního svaru

- tloušťka stěny svaru cca 11 mm
- lomová plocha pokryta černým povlakem do hloubky až 7 mm
- délka oblasti s nesouvisle černým povlakem cca 150 mm
- celková délka trhliny cca 250 mm
- černý povlak – zbytky standardně používaného asfaltového izolačního primeru





Trhlina podélného továrního svaru

- vznikla již v procesu výroby
- existovala v potrubí více než 40 let
- při nanášení tovární izolace došlo k částečné penetraci rozehráté asfaltové směsi
- zůstala skryta metodám vnitřní inspekce, které byly v průběhu posledních 13 let nasazeny (**MFL**, **TFI** a **UT**)
- při testu integrity došlo v místě trhliny k destrukci podélného továrního svaru



Ověření pevnosti neopravovaných vad

- defekty, které byly po standardním vyhodnocení vnitřní inspekce doporučeny k opravě a opravovány nebyly, **vydržely při testu integrity téměř dvojnásobný tlak (72 bar)**
- **k destrukci potrubí došlo naopak v místě, kde při vnitřních inspekcích nebyla detekována žádná vada**



**Výroba inertizační
dusíkové směsi**



Přínosy revalidace ropovodu DN 700

- při prováděné revalidaci byla **demonstrována bezpečnost potrubí veřejnosti a orgánům státního odborného dohledu**
- aplikací všech v současné době komerčně dostupných metod byla **prověřena skutečná míra bezpečnosti a spolehlivosti potrubí**
- současně byla zvýšena aktuální hodnota těchto parametrů minimálně na úroveň, kterou mělo potrubí **po výstavbě**



Zkušenost CEPS s testy integrity provedených po vnitřních inspekcích

- v průběhu posledních 10 let provedl CEPS testy integrity po vnitřních inspekcích na **více než 250 km** vysokotlakých potrubí DN 150 až DN 700 v ČR, Polsku a Lotyšsku
- při těchto zkouškách bylo detekováno **více než 20 vad**, které byly průchozí již v průběhu provádění vnitřní inspekce nebo byly příčinou destrukce potrubí v průběhu hydraulických zkoušek
- **ve všech těchto případech nejenže nebyly tyto kritické vady doporučeny k opravě, ale dosti často nebyly inteligentním ježkem ani detekovány**



OTÁZKY A ODPOVĚDI





komplexní servis
potrubních systémů

www.ceps-as.cz