



Tlakové zkoušky a stresstesty na VTL plynovodech

Ing. Petr Pařízek a Ing. Petr Crha, CSc.

CEPS a.s.





www.ceps-as.cz

komplexní servis potrubních systémů





Důvody prokazování způsobilosti konstrukce (zařízení, potrubí) pro bezpečný provoz

- **historické**
 - postupně vzniklé díky metodě pokus a omyl,
 - v současné době by snad už omylům měl zabránit kvalitní projekt,
- **současné**
 - vyloučení pochybností o vlastnostech,
 - zabránění haváriím během následného provozu.



Proč? Protože tak nějak nechceme tohle...





Způsob provádění tlakové zkoušky, zkušební médium a zkušební tlaky

závisejí na konkrétním typu plynovodu,
které z tohoto hlediska dělíme na:

- **ocelové plynovody veřejné sítě** (přepravní a distribuční),
odpovídající TPG 702 04,
- **PE plynovody veřejné sítě** (distribuční),
podle TPG 702 01,
- **plynovody v budovách** (do 5 bar),
odpovídající TPG 704 01,
- **plynovody průmyslové**,
odpovídající TPG 703 01.



Kvalifikace a odpovědnosti pro provádění tlakových zkoušek

- Kvalifikace je **předepsána zákonem** č. 174/1968 Sb., respektive jeho prováděcí vyhláškou č. 85/1978 Sb.
- **Revizní technik** musí mít osvědčení příslušného rozsahu (druh plynu, materiál potrubí, tlaková hladina).
- **Technologický postup TZ** zpracovává písemně revizní technik.
- **Provozovatel** má právo na kontrolu technologického postupu, má právo svou specifikací podmínky zkoušky zpřísnit či změnit, ale právní odpovědnost revizního technika za soulad s požadavky předpisu tím není dotčena.
- **Dozor TIČR** je vyhláškou č. 21/1979 Sb. předepsán při tlakové zkoušce VTL plynovodů čili kategorie **A3, B1, B2**.



Dvě části tlakové zkoušky

Zkouška pevnosti – délka trvání zkoušky obecně není stanovena, sleduje se porušení integrity, destrukce nebo deformace potrubí.

Výjimkou s konkrétním určením délky trvání je zkouška pevnosti s následnou kontrolou těsnosti vizuálně – zkouška pevnosti trvá minimálně 30 min.

Zkouškou pevnosti je také stresstest, konkrétně jeho druhé tlakové zatížení.

Zkouška těsnosti – má definovány délku trvání (zpravidla 24 h podle většiny norem) a průběh. U moderních norem jsou konkrétně matematicky definována i kritéria úspěšnosti (např. **DVGW G 469** od roku 1984 a **TPG 702 04** od roku 2010).



Zkouška těsnosti

Principiálně se těsnost zkoušeného úseku potrubí ověřuje dvěma metodami

- **měřením změny tlaku**
při tlakové zkoušce hydraulické i pneumatické
- **vizuální kontrolou těsnosti**
jen při tlakové zkoušce hydraulické

Již zmíněnou výjimkou z přesných měření je ověření těsnosti svarů přepravovaným topným plynem **v časové tísni při opravách**.

Je potřeba mít na mysli, že se opravdu jedná o nouzové opatření, kdy se těsnost propojovacích svarů ověřuje jen takovým tlakem, který v potrubí právě je, a ten samozřejmě nedosahuje ani úrovně MOP, natož významného podílu meze kluzu.



Zkušební (tlakovací) médium

NTL a STL plynovody

- **vzduch** nebo **inertní plyn**

VTL plynovody

- **přednostně se zkouší hydraulicky**, přičemž většinou je zkušebním médiem voda, která může být případně upravena doplněním různých aditiv (např. antikorozi, nemrznoucí nebo baktericidní),
- úseky s omezeným objemem (A3 do 50 m³, B1 a B2 do 25 m³) lze, pokud je to nezbytně nutné, zdůvodněné v projektu a **výslovně odsouhlasené provozovatelem**, zkoušet **pneumaticky**.

Zcela výjimečně v časové tísní při opravách lze jako zkušební médium použít přepravovaný **topný plyn**.



Pneumatické zkoušky VTL plynovodů

- Pneumatická tlaková zkouška **má podstatně nižší citlivost, než zkouška hydraulická.** Je to fyzikální důsledek skutečnosti, že na rozdíl od plynu je voda téměř nestlačitelná, a proto se změny objemu vody při úniku média netěsností projeví okamžitým poklesem tlaku.
- Proto se pneumatická zkouška používá pouze v nezbytně nutných případech, které musí být konkrétně technicky **zdůvodněny v projektu.**
- Limity zkoušeného objemu jsou nastaveny tak, aby se dosáhlo alespoň podobné citlivosti, jako kdyby se prováděla hydraulická tlaková zkouška na úseku o největším přípustném objemu.



Pneumatické zkoušky VTL plynovodů

- Důležité je **pečlivé stanovení bezpečnostních opatření**, protože v případě destrukce potrubí je okolí extrémně ohroženo.
- Nadzemní plynovody proto lze zkoušet pneumaticky jen **za zcela mimořádných opatření**.



Hydraulická tlaková zkouška je o několik řádů citlivější díky velmi malé stlačitelnosti vody



Hydraulická tlaková zkouška

TPG 702 04:2010 zavedlo zpřesnění hodnocení vlivu teploty, který byl v předchozích normách opomíjen.

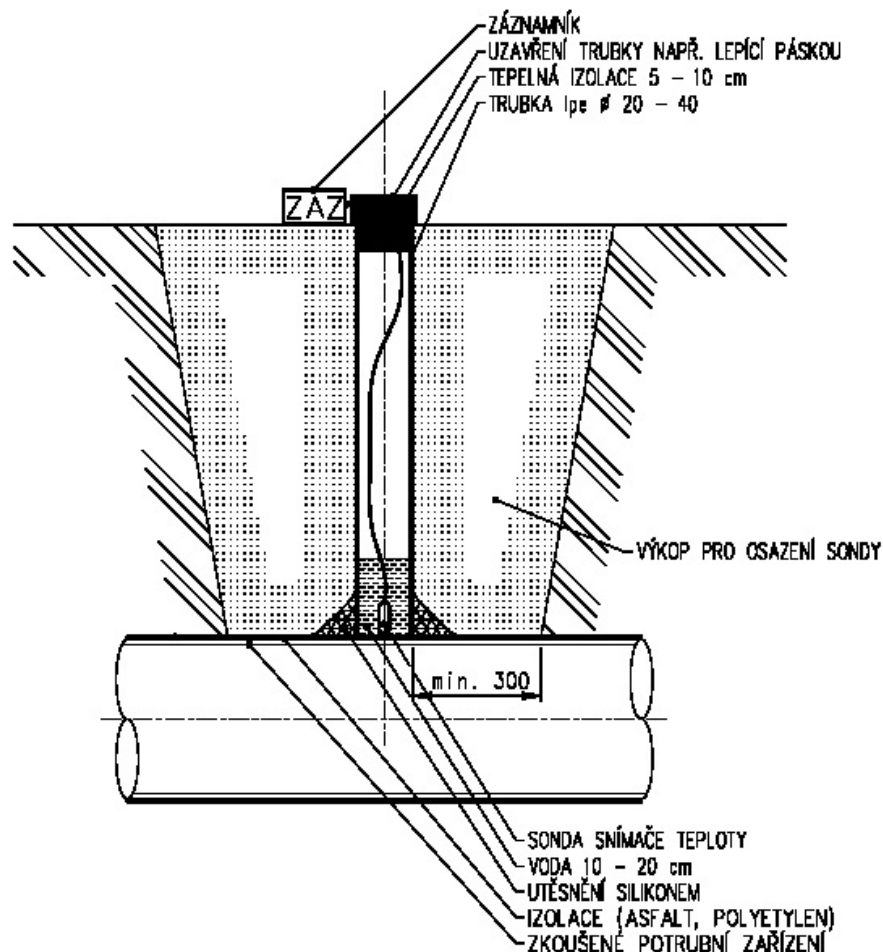
Měří se teplota přímo na povrchu potrubí či izolace:

- na obou odhalených koncích a všech odhalených úsecích,
- na každém zasypaném úseku, přičemž ještě
 - delší zasypaná část – 50 až 200 m od odhalených konců,
 - dlouhá zasypaná část – max. vzdálenost sond 2000 m,
 - dlouhá odhalená část – max. vzdálenost sond 500 m.

Z toho plyne, že i na krátkém úseku musí být **alespoň tři měření** – na obou koncích a jedno na zasypané části.

Ze získaných hodnot se vypočítává **střední teplota** jako vážený průměr podle objemu.

Technické provedení, které používá CEPS





Hydraulická tlaková zkouška – teplotní sondy

V čem spočívá moudrost projektu stran měření teploty?

Do trasy se rozmístí měřicí místa podle požadavku TPG a v nich se potrubí **nenechá zasypat**.

Tím se ušetří to, že by se potrubí muselo zase vyhrabat.

Sondy si už umístí měřicí firma sama.

Do blízkosti těch míst se nechá přivézt forka písku, aby se sondy po přilepení k izolaci daly bez narušení těsnosti **opatrně zasypat**... protože kdyby se sondy odlepily a voda vytekla, muselo by se to znova vyhrabat.



Hydraulická tlaková zkouška – teploty

Požadovaná přesnost měření teplot je $\pm 0,1$ °C.

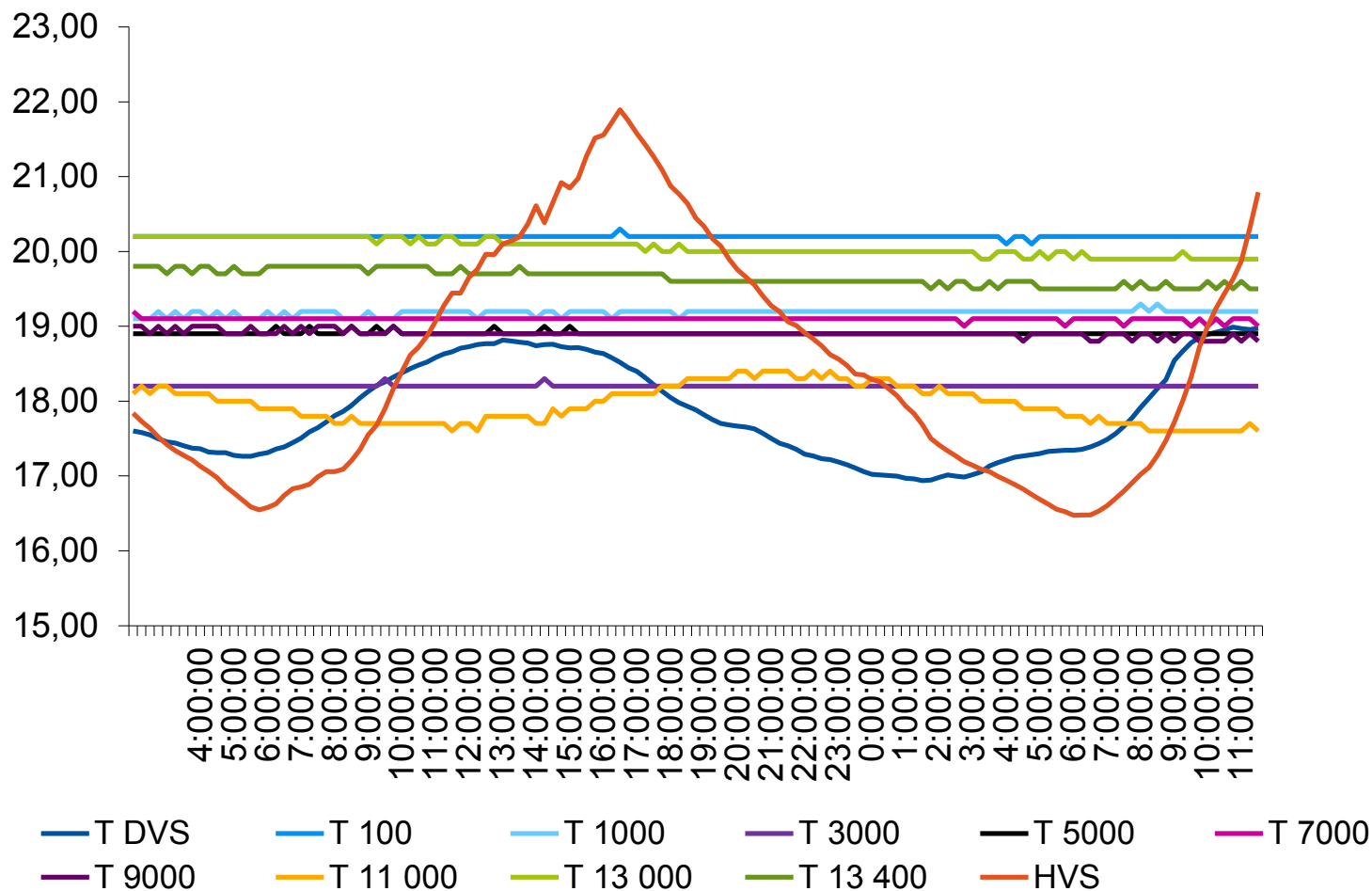
Teplota vody v potrubí se mění i po stabilizaci, což působí:

- vliv odhalených částí,
- vliv proudění vody,
- vliv změn teploty ovzduší
(působí na potrubí i v zasypané části).

Rozdíly místních teplot povrchu i zcela zasypaného potrubí po délce trasy jsou až 2 °C.



Různé hodnoty teplot po trase





Různé hodnoty teplot po trase – příklad

- Stabilizace během zhruba **30 hodin na celkem 11 místech** zkoušeného plynovodu o délce cca **13,5 km** (viz předchozí graf).
- **Teploty DVS a HVS** jsou teploty odhalených konců potrubí měřené v poloze 6 hodin.
- **Teploty T 100 až T 13400** jsou teploty měřené sondami dotýkajícími se zasypaného potrubí v poloze 12 hodin.
- Z grafu je zřetelné, že teploty odhalených konců se zřetelně mění analogicky vývoji teploty během dne.
- Teploty zasypané části se v různých místech liší podle toho, zda je potrubí trvale ve stínu, částečně ve stínu, nebo trvale zastíněné.



Různé hodnoty teplot po trase – příklad

- Teplota T 11000 dokonce se značným zpožděním kopíruje teplotu ovzduší, přestože je měřena na zasypané části plynovodu.
- Časový posun je zřetelný i u teplot měřených na odhalených koncích potrubí, kdy konec DVS je pod úrovní terénu, zatímco konec HVS je nad úrovní terénu, a tak je více oslán sluncem.



PŘÍPRAVA TLAKOVÉ ZKOUŠKY – PROPOČTY





Příprava tlakové zkoušky – propočty

Koho se to týká

- samozřejmě **projektanta**, protože projekt tlakové zkoušky je součástí projektu plynovodu, a tudíž by měl být zpracován podrobně a pořádně,
- samozřejmě **revizního technika**, který musí **písemně** zpracovat technologický postup tlakové zkoušky a který odpovídá za správnost výpočtu zkoušky (rozdělení úseků, stanovení zkušebního tlaku) i za správné vyhodnocení zkoušky.



Příprava TZ – stanovení zkušebního tlaku

- a) v nejnižším místě úseku nesmí být nižší tlak, než je tlak v případě poruchy regulačního zařízení (MIP) podle ČSN EN 12186 zvětšený o 0,15násobek DP plynovodu;
- b) při zahájení zkoušky nesmí být tlak v žádném místě zkoušeného úseku nižší než MIP, zvýšený o 0,05násobek DP plynovodu;
- c) u trubky s nejnižší hodnotou součinu $R_y \cdot t$ umístěnou v úseku v nejvyšším místě („nejvyšší nejslabší“ trubka) nesmí být tlak nižší než tlak odpovídající zatížení na úrovni 85 % zaručené meze kluzu materiálu trubky;
- ~~d) zkušební tlak nesmí být větší, než byl zkušební tlak, kterým byly jednotlivé součásti úseku potrubí zkoušeny u výrobce;~~
- e) úroveň tlakového zatížení kterékoliv části úseku nesmí vyvolat napětí v potrubí přesahující 95 % min. zaručené meze kluzu materiálu (s výjimkou provádění TZ při stresstestu).

Pokud provozovatel nestanoví jinak, platí $MOP \cong DP$.



Příprava TZ nebo stresstestu – projekt

Údaje, které jsou k dispozici, nebo které vznikají při zpracování projektu:

- podélný profil trasy,
- dimenzování trubek přímých i oblouků (soulad),
- **normové mechanické vlastnosti zvoleného materiálu,**
- lokalizace zdrojů vody a míst vypouštění,
- případné další požadavky provozovatele.



Příprava TZ nebo stresstestu – projekt

Na základě těchto podkladů projekt stanoví:

- rozdělení plynovodu na zkušební úseky podle požadavků TPG pro stanovení zkušebního tlaku s respektováním limitních délek zkušebních úseků,
- místa odběru a vypouštění vody (a projedná je s vodoprávními orgány!),
- případný způsob čištění vody (pokud si to vodoprávka žádá),
- a tomu všemu přizpůsobí POV, aby se dalo zkoušet plynule :-)



Jakže se určí rozdělení plynovodu na zkušební úseky?

Podle požadavků **TPG 702 04**

- nejvyšší nejslabší trubka musí být při TZ zatížena alespoň na 85 % meze kluzu, nejnižší nejslabší nejvíce na 95 %,
- při stresstestu se co nejvyšší podíl trubek má zatížit do blízkosti meze kluzu a jen nutné minimum pod 85 %
- z podélného profilu se najdou tyto dvě trubky – vesměs je to je jednoduché, protože se používá jedna pevnostní kategorie trub a jedna tloušťka stěny, takže to prostě budou trubky v nejvyšším a nejnižším bodě trasy
- není-li použita jedna tloušťka stěny, musíme si zahledat :-)



Příprava TZ nebo stresstestu – projekt

Potrubí máme rozděleno na zkušební úseky.

Máme zkontrolováno přípustné převýšení a přípustné délky zkušebních úseků.

A co dál?

No přece **voda**, **voda** a ještě jednou **voda!!!**



Příprava TZ nebo stresstestu – projekt

Projekt musí vyřešit zdroj vody, a to takže v rozumné vzdálenosti a v rozumné poloze vzhledem ke konci (některého) zkušebního úseku.

Rozumná vzdálenost je tak 200 m.

Rozumná poloha znamená, že kupříkladu mezi zdrojem a místem plnění není letiště, dálnice nebo železniční trať :-)

Pokud to není možné, musí se navrhnout zdroj vody – **dovoz vody cisternami** – a **nezapomenout na to v rozpočtu!**



Příprava TZ nebo stresstestu – projekt

Projekt musí vyřešit likvidaci vody po zkoušce, a to opět v rozumné vzdálenosti a v rozumné poloze vzhledem ke konci (některého) zkušebního úseku.

Rozumná vzdálenost je tak 500 m, rozumná poloha opět znamená, že mezi koncem úseku a místem likvidace není letiště, dálnice nebo železniční trať.

Pokud to není možné, musí se voda likvidovat například na (konkrétní) ČOV – určí se **odvoz vody cisternami** a **nezapomene se na to v rozpočtu!**



Likvidace vody

Voda vypouštěná z potrubí po tlakové zkoušce má stejné chemické parametry jako voda použitá pro plnění.

Potrubí je nové, čisté, takže není, o co by se voda „umazala“ – první pokus o projednání vypouštění by tak měl jít touto cestou.

Pokud vodoprávní úřad klade velký odpor, lze jako ústupek předepsat před vypuštěním *odběr vzorku a rozbor vody* v (ústupek číslo 2 – *akreditované*) laboratoři, která čistotu potvrdí.



Příprava TZ nebo stresstestu – projekt

No a **vyřešení** zdroje a likvidace vody
se **vždycky** rovná

kompletní vodoprávní projednání

(nebo projednaný odběr u VAK a likvidaci na ČOV)



Příprava TZ – technologický postup

Podklady na úrovni zpracování technologického postupu:

- požadavky projektu,
- podélný profil plynovodu,
- kladečský deník,
- dokumenty kvality trub přiřazené k trubkám v trase,
- případné další požadavky provozovatele.

Na základě těchto podkladu **revizní technik**:

- zkontroluje rozdělení plynovodu na zkušební úseky,
- určí hodnotu zkušebního tlaku podle „nejvyšší nejslabší“,
- ověří zatížení „nejnižší nejslabší“ trubky.



Ajta! Něco je jinak...



A02 Inspekční certifikát "3.1" (EN 10 204)

A03 číslo dokumentu: 61030/13

A07	Číslo objednávky odběratele / číslo položky: z 24.5.2013	A08	Číslo zakázky výrobce: 1511/11638/0/13										
A11	Číslo objednávky dodavatele:	A10	Číslo návěští: 106992										
B08, B12/13	Dodávané množství: ks svazků m kg	B13-Skutečná hmotnost	kg										
	8	98.780	4760										
B09-11	Rozměr: 219.1 x 6.30 mm	A06	Odběratel / příjemce: DOPORUČENÉ ! GASMAT s.r.o. Ověřovací 312 280 02 Kolín										
B02	Označení oceli: L360NB												
B01, B03, B04	Druh výrobku, stav, dodací podmínky: Trubka ocelová bez švů se zaručenými vlastnostmi za vyšších teplot - zvýšená přesnost EN 10220-2:2002 EN 10208-2:2009 Normalizačně doválcované. Vnější cement dle KN 42 0025, FZM-N. PE izolace dle DIN 30670-N-v.												
A04, B06	Značení: znak výrobce AMTPO 3												
C71-92	Tavební a výrobová chemická analýza c70 Ocel vyrobená kyslíkovým procesem, plně uhlídná, kontinuálně odlévána. (%)												
B07	Číslo tavby	C	Mn	Si	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	V	Nb	Alc
	45589K	0.16 0.16	1.11 1.12	0.194 0.195	0.014 0.014	0.009 0.009	0.06 0.06	0.03 0.03	0.06 0.06	0.006 0.006	<0.003 <0.003	0.029 0.030	0.029 0.030
Z99	Pokračování v příloze												
	Výsledky zkoušek:	MPa		MPa		% 5D		L-10 60J		0°C		D02-05 Nedestruktivní	
B07	Č. tavby: 000	Č. zkoušky: 000	Mez kluz. 350 - 510	c12 Pevnost v tahu min. 460	c13 Tažnost min. 22.0			c40-43 Zk. rázem v ohybu min.				elektromagnetická	
C04	Předpis: L360NB			417	589	23.6		68 60 76 68				zkouška - vyhověla	
	45589K			417	589	23.6		68 60 76 68				ČSN 015047	
												ČSN 015054	



Ajta! Něco je jinak...

VADÍ? × **NEVADÍ?**

- V případě **tlakové zkoušky** podle kap. 22 TPG 702 04 **nevadí**, protože p_{zk} se počítá z **normové zaručené** minimální hodnoty R_e .
- Ovšem úplně **jinak by to bylo v případě stresstestu** podle kap. 23, kdy se vychází ze **skutečných hodnot meze kluzu** podle jednotlivých trubek v souladu s kladečským deníkem.



Příprava technologického postupu stresstestu je tedy daleko náročnější

Hlavní a zásadní rozdíl proti přípravě technologického postupu TZ je fakt, že se při výpočtech stresstestu pracuje se **skutečnými mechanickými vlastnostmi trubního materiálu**.

V projektu stanovené parametry trubek přímých a oblouků a dále tlakovacích úseků musí umožňovat **realizovatelnost stresstestu**.



PŘÍPRAVA POTRUBÍ NA TLAKOVOU ZKOUŠKU NEBO STRESSTEST





Příprava úseku pro tlakovou zkoušku

- TZ se provádí **na položeném a zasypaném úseku** potrubí.
- Nezasypané smějí být pouze konce úseku, a to pouze v nejmenší možné míře pro montáž komor (to je důležité kvůli kolísání teplot během zkoušky těsnosti).
- Po vyčištění úseku se **navadí tlakovací komory** a provede **NDT připojovacích svarů**.
- **Osadí se teplotní sondy** – přitom se musí dbát na správný kontakt sond s povrchem izolace trubky.
- **Potrubí se naplní vodou** – je třeba dbát na co nejdokonalejší odvzdušnění.



Zkušební úsek malé dimenze – DN 250



Sedmistovka je větší...



PROVEDENÍ TLAKOVÉ ZKOUŠKY PODLE KAP. 22 TPG 702 04:2013





Tlaková zkouška podle kap. 22 TPG

Tlakovou zkoušku podle kap. 22 lze provést pouze s měřením tlaku, bez měření přičerpávaného množství vody.

To zdánlivě zjednodušuje práci a nároky na vybavení.

Đábel je však skryt v detailu – při vyhodnocení zkoušky těsnosti je nutné znát skutečné množství vody ΔV_{sk} potřebné na jednotkovou změnu tlaku Δp^* .

Pokud se měří množství přičerpávané vody, máme tento údaj „zadarmo“ ze záznamu růstu tlaku při posledních 5 bar před úrovní zkušebního tlaku p_{zk} .

Pokud se množství přičerpávané vody neměří, musí se po dokončení prodlevy pro ustálení teploty vody provést **drain-test**.



Co je to drain-test?

Drain-test je metoda stanovení skutečného množství vody ΔV_{sk} potřebného na jednotkovou změnu tlaku Δp^* . Tato veličina při porovnání s hodnotou teoretickou vlastně vyjadřuje vliv plyných látek, zejména vzduchu, a stlačitelnosti vody na výsledek zkoušky těsnosti.

Drain-test se provádí odpuštěním vody po dokončení prodlevy pro ustálení její teploty, a to tak, aby tlak poklesl alespoň o 10 bar. Objem odpouštěné vody se musí velmi přesně měřit, protože nepřesné určení ΔV_{sk} zásadním způsobem ovlivňuje výsledek zkoušky těsnosti.

Nádoba na odpouštění vody musí být kalibrovaná, aby byla přesnost měření lepší než 2 %, přitom velikost odebíraného množství je podle objemu úseku v litrech až stovkách litrů.



Časový průběh zkoušky pevnosti

- a) plnění úseku potrubí vodou;
- b) natlakování potrubí na 30 až 50 % p_{zk} , provedení vizuální kontroly těsnosti zeminou nezahrnutých částí zkoušeného úseku, tlakovacího a měřicího zařízení;
- c) natlakování potrubí na 90 % minimální hodnoty stanoveného p_{zk} ;
- d) provedení prodlevy pro ustálení teploty vody za současného měření teploty a vyhodnocování střední teploty (podle čl. 22.1.8). Prodleva může být ukončena, pokud změna střední teploty za jednu hodinu činí maximálně 0,5 °C, minimální doba prodlevy musí být 60 minut;
- e) případný drain-test;
- f) snížení tlaku v potrubí tak, aby v nejvyšším místě úseku zůstal tlak v rozmezí 1,0 až 1,5 MPa;
- g) provedení prodlevy v délce 10 minut;
- h) natlakování potrubí na hodnotu zkušební tlaku zkoušky pevnosti.



**Naplnění potrubí vodou vyžaduje jak zdroj vody,
tak dostatečně výkonné čerpadlo**



Složité plnění potrubí v horském terénu



**Nesmí se zapomenout ani na vodu,
kterou je potřeba přičerpat
na zvýšení tlaku**



Na menší úseky stačí gumové vaky s několika kubíky vody

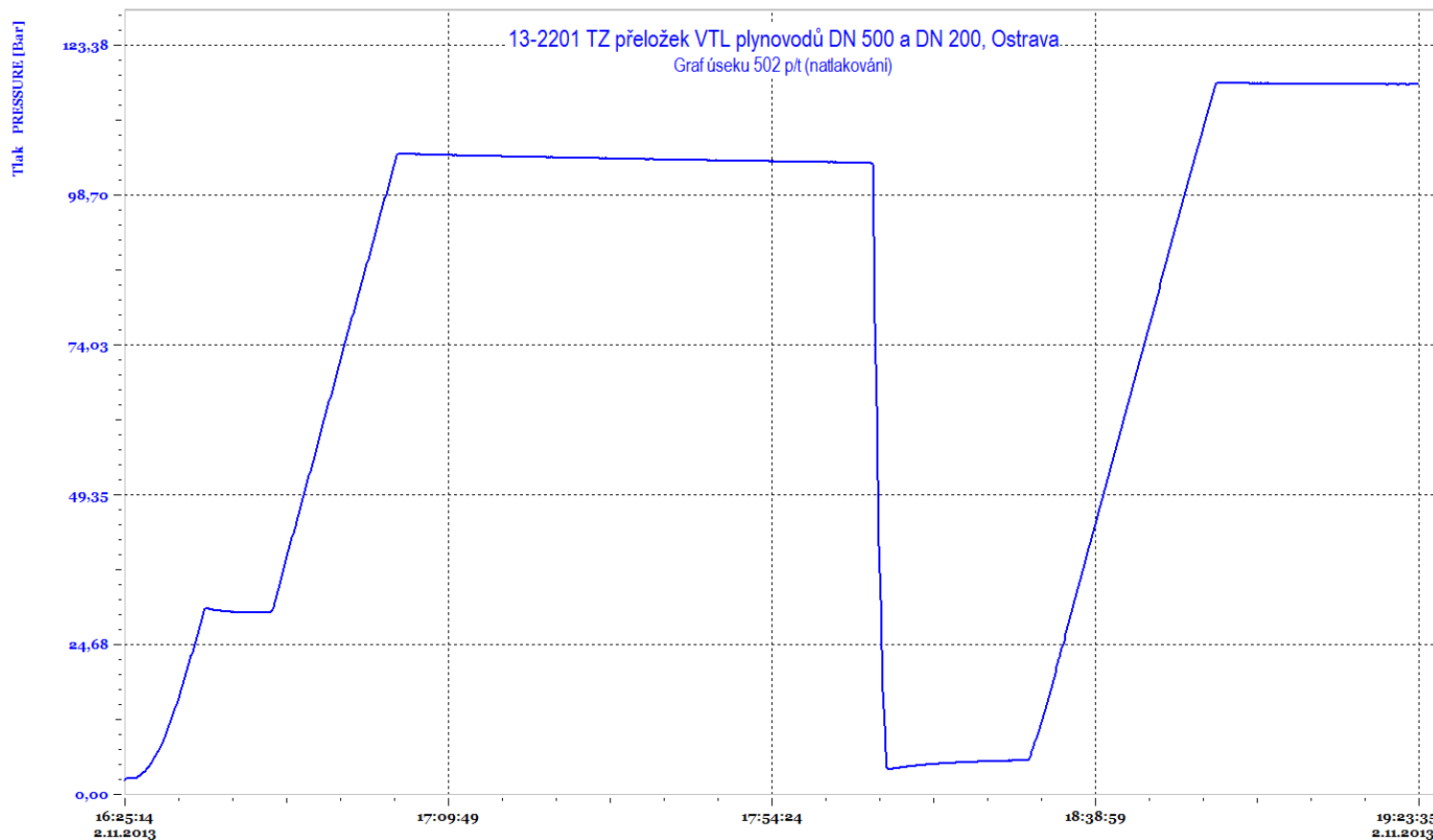


Průběh zkoušky pevnosti dle kap. 22

- a) plnění úseku potrubí vodou;
- b) natlakování potrubí na 30 až 50 % p_{zk} , provedení vizuální kontroly těsnosti zeminou nezahrnutých částí zkoušeného úseku, tlakovacího a měřicího zařízení;
- c) natlakování potrubí na 90 % minimální hodnoty stanoveného p_{zk} ;
- d) provedení prodlevy pro ustálení teploty vody za současného měření teploty a vyhodnocování střední teploty (podle čl. 22.1.8). Prodleva může být ukončena, pokud změna střední teploty za jednu hodinu činí maximálně 0,5 °C, minimální doba prodlevy musí být 60 minut;
- e) případný drain-test;
- f) snížení tlaku v potrubí tak, aby v nejvyšším místě úseku zůstal tlak v rozmezí 1,0 až 1,5 MPa;
- g) provedení prodlevy v délce 10 minut;
- h) natlakování potrubí na hodnotu zkušebního tlaku zkoušky pevnosti.

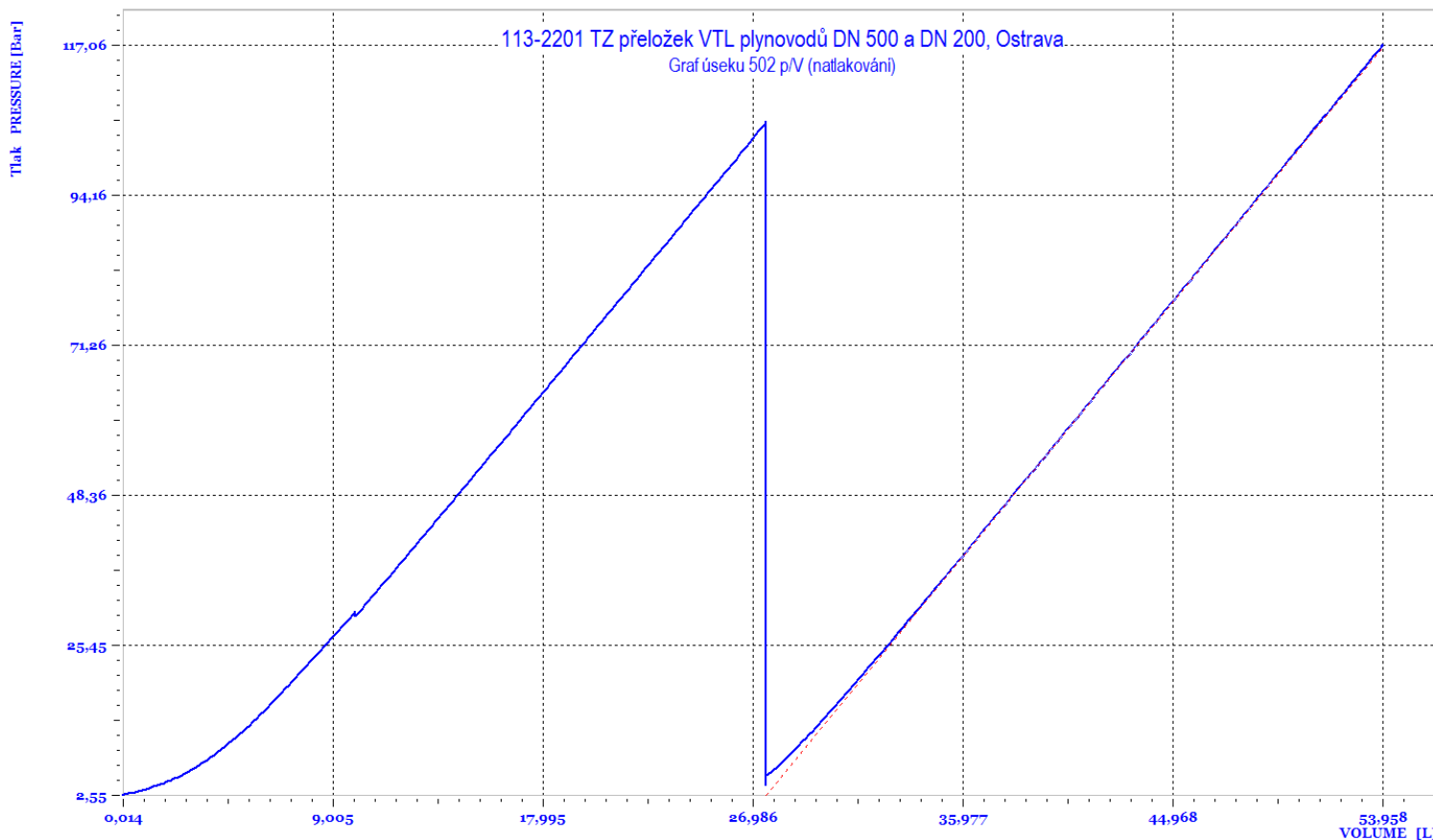


Časový průběh zkoušky pevnosti





Závislost $p - V$ při zkoušce pevnosti





Kritérium pro úspěšnou zkoušku pevnosti je jak **při tlakové zkoušce** podle kap. 22, tak při **stresstestu** dle kap. 23 TPG 702 04 **shodné**, a to **kvalitativní**:

Potrubí se uzná za pevné, jestliže v něm po dobu trvání zkoušky nedojde k porušení integrity materiálu nebo nežádoucí deformaci.



PROVEDENÍ STRESSTESTU PODLE KAP. 23 TPG 702 04:2013





Stresstest versus tlaková zkouška

V čem je rozdíl?

Tlaková zkouška

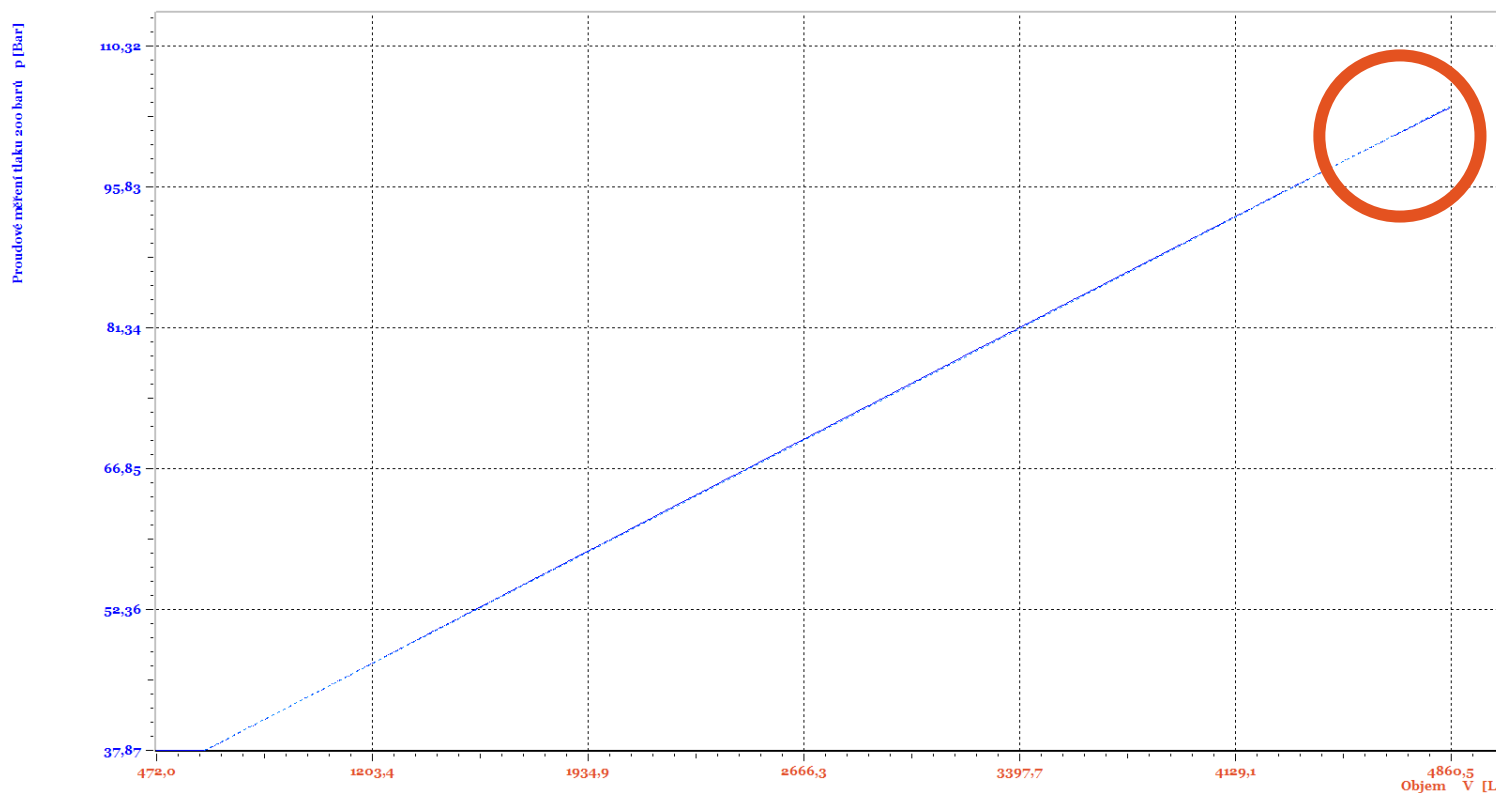
probíhá výhradně v elastické oblasti zátěžového diagramu

Stresstest

probíhá v přechodové oblasti mezi elastickou a plastickou oblastí zátěžového diagramu

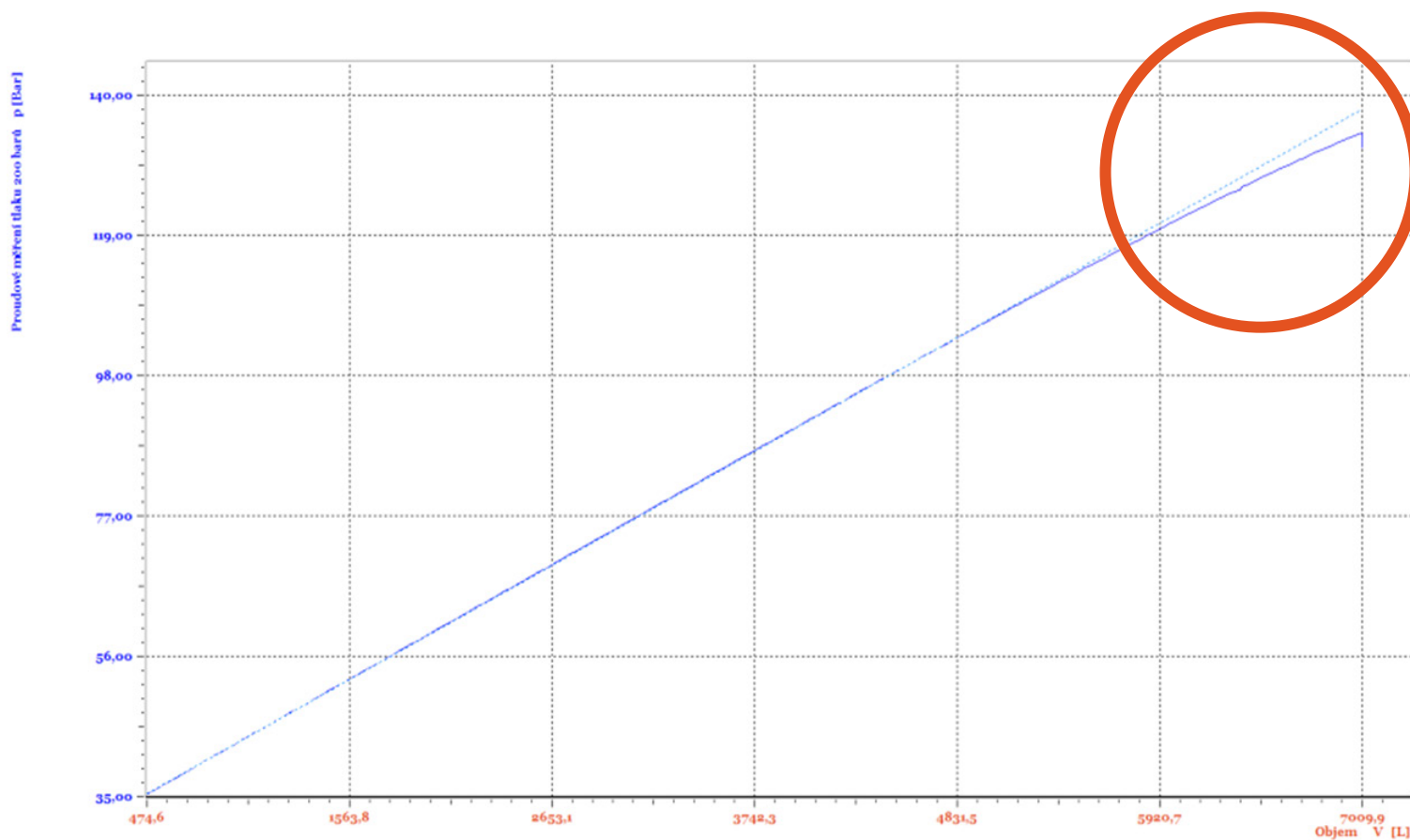


Průběh tlakové zkoušky





Průběh stresstestu





Stresstest

Stresstest (kap. 23 TPG 702 04) je **daleko složitější operace, než tlaková zkouška** (kap. 22 TPG 702 04).

Při stresstestu se pracuje s deformací oceli v plastické oblasti, a proto je nezbytné měřit jak přičerpané množství vody (tedy zvětšení objemu potrubí), tak tlak v potrubí.

Sledování závislosti mezi objemovou změnou a tlakem umožňuje vyhodnocovat, zda se deformace pohybuje v čistě elastické oblasti, nebo zda již dochází k žádoucím plastickým změnám.

Řídící veličinou stresstestu je tedy deformace, zatímco tlak je veličinou pomocnou. Limitní hodnotou stresstestu je R_y .



Stresstest

NENÍ

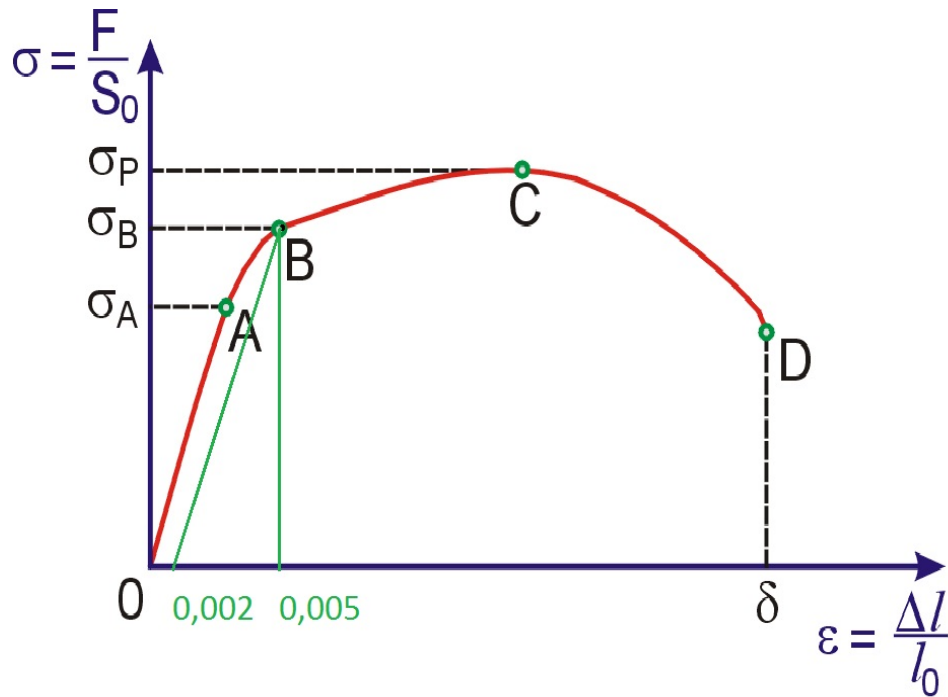
natlakování potrubí **na nějaký mezní tlak**

JE

natlakování potrubí **na určenou hodnotu deformace**

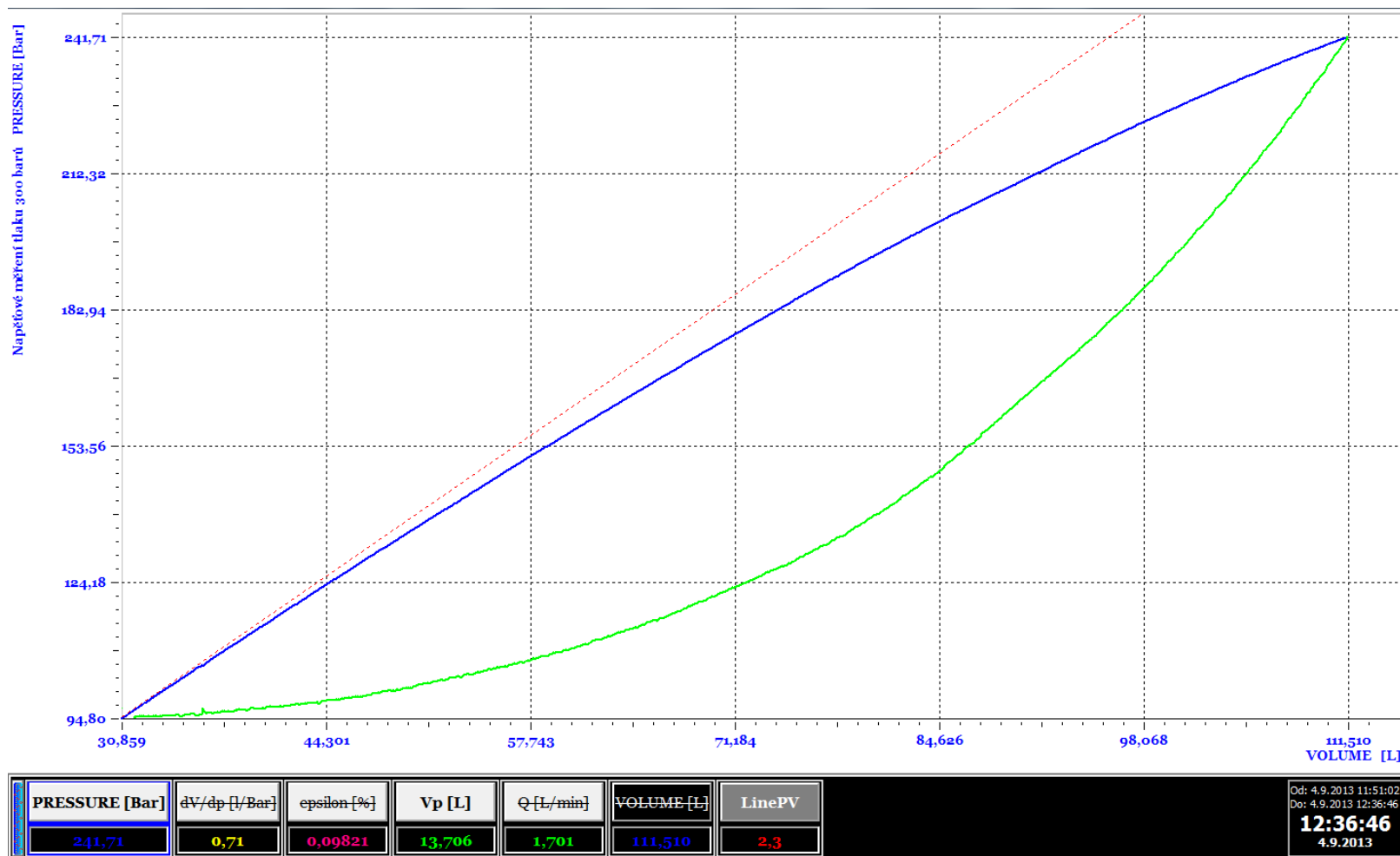
Pro připomenutí...

mez kluzu není tlak, ale **úroveň napětí**, která odpovídá **požadované (smluvní) hodnotě deformace**





Řízení stresstestu je proto založeno na sledování velikosti integrální deformace



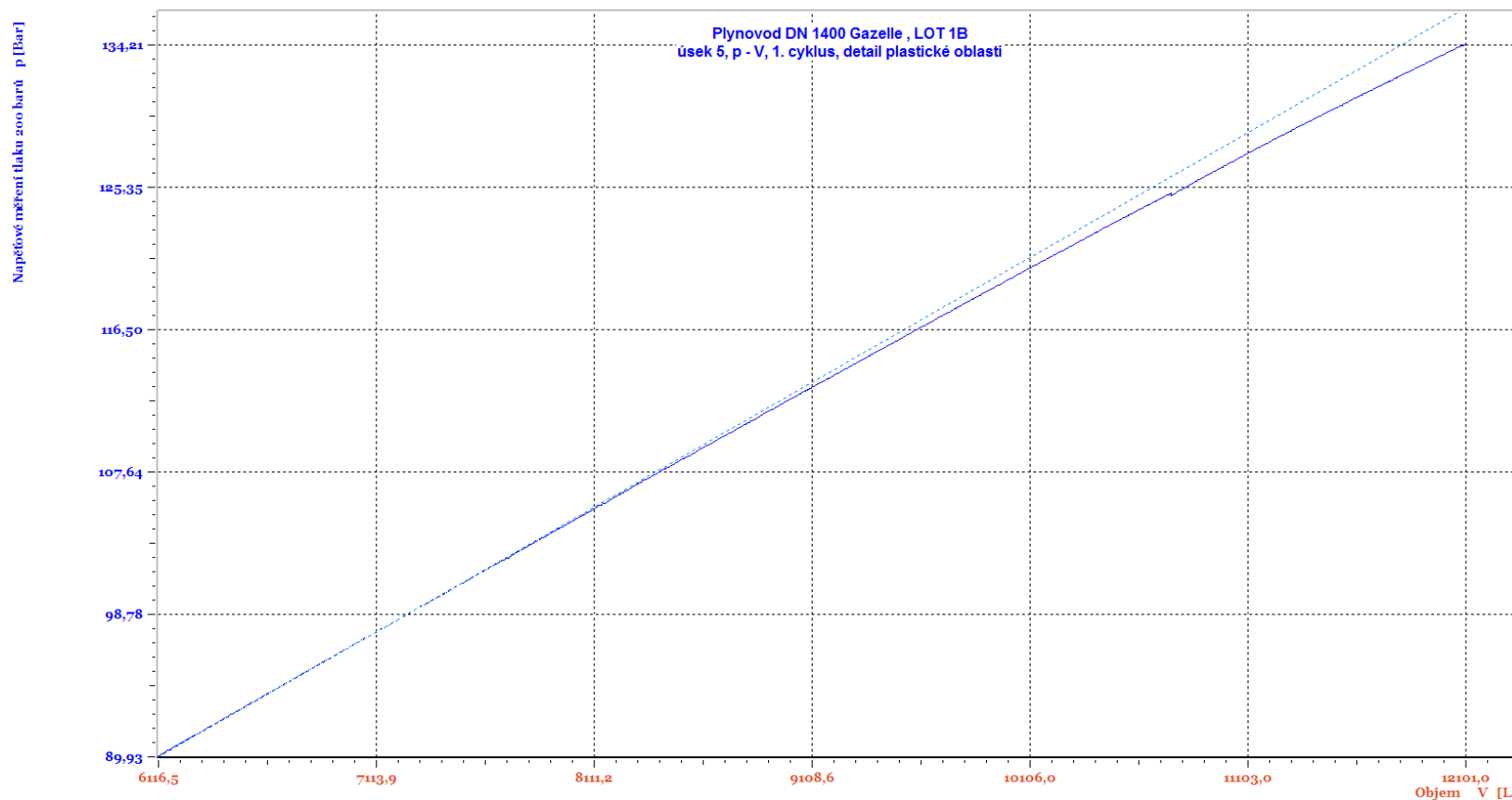


Připustná trvalá integrální deformace ($\epsilon_{ubl\ int}$) a poměrné množství vody pro trvalou deformaci (V_{pl}/V v %) v závislosti na materiálu

Materiál				$\epsilon_{ubl\ int}$ [%]			$V_{pl}/V = 2 \cdot \epsilon_{ubl\ int}$ [%]		
DIN 17152 Vyd. 10.66	DIN 17172 Vyd. 08.78	DIN EN 10208-2 Vyd. 08.96 (ČSN EN ISO 3183)	API-5L (jen přibližně srovnatelné)	Expan- dované trubky	Neexpan- dované trubky s dokladem odlehčení	Neexpan- dované trubky bez dokladu odlehčení ¹⁾	Expan- dované trubky	Neexpan- dované trubky s dokladem odlehčení ¹⁾	Neexpan- dované trubky bez dokladu odlehčení ¹⁾
St 34.7	StE 210.7	-	-	0,0475	0,0800	0,1150	0,095	0,160	0,230
St 38.7	StE 240.7	L 245		0,0470	0,0795	0,1145	0,094	0,159	0,229
St 43.7	StE 290.7	L 290	X 42	0,0420	0,0750	0,1100	0,085	0,150	0,220
St 47.7	StE 320.7		X 46	0,0385	0,0720	0,1070	0,078	0,144	0,214
St 53.7	StE 360.7	L 360	X 52	0,0345	0,0685	0,1040	0,069	0,137	0,208
St 56.7	StE 385.7	-		0,0305	0,0640	0,0995	0,061	0,128	0,199
St 60.7	StE 415.7	L 415	X 60	0,0250	0,0585	0,0935	0,050	0,117	0,187
-	StE 445.7 TM	-	X 65	0,0240	0,0575	0,0930	0,048	0,115	0,185
-	-	L 450 MB	-	-	0,0515	-	-	0,102	-
-	StE 480.7 TM		X 70	0,0140	0,0450	0,0800	0,028	0,090	0,160
-		L 485 MB		-	0,0435	-	-	0,087	-
-		L 555 MB	X 80	-	0,0275	-	-	0,055	-



Měření a vyhodnocení stresstestu detail plastické oblasti





VYHODNOCENÍ ZKOUŠKY TĚSNOSTI PODLE TPG 702 04:2013





Vyhodnocení zkoušky těsnosti podle TPG 702 04:2013

Vyhodnocení zkoušky těsnosti se provádí stejným postupem jak při tlakové zkoušce podle kap. 22, tak při stresstestu podle kap. 23 TPG, avšak kritérium úspěšnosti je **kvantitativní**

– **těsnost se prokazuje výpočtem.**



Vyhodnocení zkoušky těsnosti

Potrubí se považuje za těsné, jestliže během 24 hodin (při výjimečném zkrácení zkoušky během 8 hodin) bude skutečná změna tlaku Δp_{sk} menší nebo rovna referenční časové změně tlaku v potrubí Δp_{ref} ($\Delta p_{sk} \leq \Delta p_{ref}$).

Pokud během této doby nebude splněna výše uvedená podmínka, je nutno trvání zkoušky prodloužit až do získání jistoty.

V opačném případě se musí zkouška **zastavit** a příčina poklesu tlaku musí být nalezena a odstraněna.



POZOR! TPG 702 04:2013 přinesla změnu v kritériu pro vyhodnocování těsnosti

Tato změna je **výsledkem nejnovějších výzkumných prací**, které provedli specialisté z Ústavu teoretické a aplikované mechaniky Akademie věd ČR, pánové Ing. Lubomír Gajdoš, CSc., a Ing. Martin Šperl, Ph.D.

Podstatou změn jsou výsledky měření **pomalé** trvalé deformace konstantně zatížené oceli (creepu), což ovlivňuje výpočet Δp_{ref} .

Creep je právě tím správným vyjádřením relaxace oceli po zatížení do blízkosti meze kluzu, což platí jak při TZ, tak při stresstestu.



Zkouška těsnosti

Zkušební tlak při zkoušce těsnosti je stejný jako při zkoušce pevnosti (tlak se nesnižuje).

Případné zvýšení úrovně tlaku vlivem teploty nad hodnotu maximálního zkušební tlaku musí být řešeno odpovídajícím odpuštěním tlakového média.

Předepsaná délka trvání zkoušky těsnosti je **24 hodin**.

Tuto dobu je výjimečně možné zkrátit na základě souhlasu provozovatele zkoušeného zařízení a inspektora státního odborného dozoru, nejméně však na **8 hodin**. To v praxi připadá v úvahu jen při velmi dobře stabilizované teplotě vody.



Výpočet Δp_{ref}

$$\Delta p_{ref} = \frac{\alpha^* \cdot \Delta T \cdot V \cdot \Delta p^*}{100 \cdot \Delta V_{sk}} + \Delta p_{pl}$$



Výpočet Δp_{ref} – veličiny

- Δp_{ref} referenční časová změna tlaku vody v potrubí [MPa]
- α^* součinitel vyjadřující objemovou teplotní roztažnost vody [K^{-1}]
- V celkový objem zkoušeného úseku potrubí [m^3]
- ΔT = $T_1 - T_2$ rozdíl středních teplot (vážený průměr podle objemů), T_1 na začátku zkoušky, T_2 na konci zkoušky [$^{\circ}C$]
- Δp^* = 1,0 MPa – referenční hodnota
- ΔV_{sk} skutečné množství vody potřebné na jednotkovou změnu tlaku, zjišťuje se z měření, nebo drain-testem [l/MPa]
- Δp_{pl} časová změna tlaku vyvolaná účinky přípustné plastické deformace dosažené při tlakové zkoušce, tato hodnota je vždy kladné číslo [MPa]



Příloha 4 – Tabulka hodnot α^* [K⁻¹]

tlak p [MPa]	teplota T [°C]												
	0	1	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40
2	-5,7401	-4,156	-2,572	-0,9882	0,5958	2,1798	9,2499	15,444	20,96	25,94	30,49	34,69	38,602
2,5	-5,5533	-3,977	-2,4	-0,8231	0,7536	2,3303	9,3693	15,538	21,033	25,995	30,53	34,716	38,616
3	-5,367	-3,798	-2,228	-0,6586	0,9109	2,4804	9,4885	15,632	21,106	26,051	30,569	34,742	38,631
3,5	-5,1814	-3,619	-2,057	-0,4946	1,0677	2,63	9,6074	15,726	21,179	26,106	30,609	34,769	38,645
4	-4,9964	-3,441	-1,886	-0,3311	1,2241	2,7792	9,7259	15,82	21,252	26,161	30,649	34,795	38,659
4,5	-4,8121	-3,264	-1,716	-0,1681	1,3799	2,9279	9,8442	15,913	21,325	26,216	30,689	34,821	38,674
5	-4,6283	-3,087	-1,547	-0,0056	1,5353	3,0762	9,9622	16,006	21,397	26,271	30,729	34,848	38,688
5,5	-4,4451	-2,911	-1,377	0,1564	1,6903	3,2241	10,08	16,099	21,47	26,326	30,769	34,874	38,703
6	-4,2625	-2,736	-1,209	0,3179	1,8447	3,3715	10,197	16,192	21,542	26,381	30,808	34,901	38,717
6,5	-4,0805	-2,561	-1,041	0,4789	1,9987	3,5185	10,314	16,285	21,614	26,435	30,848	34,927	38,732
7	-3,8991	-2,386	-0,873	0,6394	2,1523	3,6651	10,431	16,377	21,686	26,49	30,888	34,954	38,747
7,5	-3,7183	-2,212	-0,707	0,7994	2,3053	3,8112	10,547	16,469	21,758	26,545	30,927	34,98	38,761
8	-3,5381	-2,039	-0,54	0,9589	2,4579	3,9569	10,664	16,561	21,83	26,599	30,967	35,006	38,776
8,5	-3,3585	-1,866	-0,374	1,1179	2,6101	4,1022	10,779	16,653	21,901	26,654	31,006	35,033	38,791
9	-3,1795	-1,694	-0,209	1,2764	2,7617	4,247	10,895	16,745	21,973	26,708	31,046	35,059	38,806
9,5	-3,001	-1,523	-0,044	1,4345	2,913	4,3915	11,01	16,836	22,044	26,762	31,085	35,086	38,821
10	-2,8232	-1,352	0,1203	1,592	3,0637	4,5354	11,125	16,927	22,115	26,816	31,125	35,112	38,835
10,5	-2,6459	-1,181	0,284	1,749	3,214	4,679	11,24	17,018	22,186	26,871	31,164	35,139	38,85
11	-2,4692	-1,011	0,4473	1,9056	3,3638	4,8221	11,354	17,109	22,257	26,925	31,203	35,165	38,865
11,5	-2,2932	-0,842	0,61	2,0616	3,5132	4,9648	11,468	17,199	22,328	26,978	31,243	35,192	38,88
12	-2,1176	-0,673	0,7723	2,2172	3,6621	5,107	11,582	17,29	22,399	27,032	31,282	35,218	38,895
12,5	-1,9427	-0,504	0,9339	2,3723	3,8106	5,2489	11,695	17,38	22,469	27,086	31,321	35,244	38,91
13	-1,7684	-0,337	1,0951	2,5268	3,9586	5,3903	11,808	17,47	22,54	27,14	31,36	35,271	38,925
13,5	-1,5946	-0,169	1,2558	2,6809	4,1061	5,5313	11,921	17,559	22,61	27,193	31,4	35,297	38,94
14	-1,4214	-0,003	1,4159	2,8346	4,2532	5,6719	12,034	17,649	22,68	27,247	31,439	35,324	38,955
14,5	-1,2488	0,1634	1,5755	2,9877	4,3999	5,812	12,146	17,738	22,75	27,3	31,478	35,35	38,971
15	-1,0767	0,329	1,7347	3,1404	4,5461	5,9517	12,258	17,827	22,82	27,354	31,517	35,377	38,986
15,5	-0,9052	0,494	1,8933	3,2925	4,6918	6,091	12,37	17,916	22,89	27,407	31,556	35,403	39,001
16	-0,7343	0,6585	2,0514	3,4442	4,8371	6,2299	12,481	18,005	22,959	27,46	31,595	35,429	39,016
16,5	-0,564	0,8225	2,209	3,5954	4,9819	6,3684	12,592	18,093	23,029	27,513	31,634	35,456	39,031
17	-0,3942	0,9859	2,3661	3,7462	5,1263	6,5065	12,703	18,181	23,098	27,566	31,673	35,482	39,047
17,5	-0,225	1,1488	2,5226	3,8965	5,2703	6,6441	12,813	18,269	23,167	27,619	31,711	35,509	39,062
18	-0,0563	1,3112	2,6787	4,0463	5,4138	6,7813	12,924	18,357	23,236	27,672	31,75	35,535	39,077
18,5	0,1118	1,4731	2,8343	4,1956	5,5569	6,9181	13,034	18,445	23,305	27,725	31,789	35,561	39,093
19	0,2793	1,6343	2,9894	4,3444	5,6995	7,0545	13,143	18,532	23,373	27,777	31,828	35,588	39,108
19,5	0,4462	1,7951	3,1439	4,4928	5,8416	7,1905	13,252	18,62	23,442	27,83	31,866	35,614	39,123
20	0,6126	1,9553	3,298	4,6407	5,9834	7,326	13,361	18,707	23,511	27,883	31,905	35,64	39,139



Výpočet ΔT – výpočet středních teplot

$$t_{str} = \left(\frac{V_{odh}}{V} \cdot \frac{\sum_{j=1}^m t_{odh.j}}{m} \right) + \left(\frac{V_{zasyp}}{V} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n t_{zasyp.i}}{n} \right)$$



Výpočet ΔT – veličiny

- t_{str} střední teplota média ve zkoušeném úseku [$^{\circ}\text{C}$]
- V_{zasyp} objem zasypané části potrubí [m^3]
- V_{odh} objem odhalené části potrubí (objem odhalených konců plus součet objemů úseků vedených nad terénem) [m^3]
- V celkový objem zkoušeného úseku potrubí [m^3]
- $t_{odh.j}$ j-tá teplota měřená na části potrubí vedené nad terénem (j nabývá hodnot 1 až m) [$^{\circ}\text{C}$]
- $t_{zasyp.i}$ i-tá teplota měřená na povrchu izolace zasypané části potrubí (i nabývá hodnot 1 až n) [$^{\circ}\text{C}$]



Výpočet Δp_{pl}

Časová změna tlaku Δp_{pl} se zjišťuje z grafu v Příloze 5 TPG 702 04.

Tato změna tlaku je závislá na poměru $p_{zk} : p_k$, který je vyjádřen jednotlivými křivkami, a na časovém intervalu zkoušky těsnosti a jeho odstupu od času dosažení p_{zk} .

Časy se odečítají na ose **x** – čas [h], osa x začíná na 2 hodinách od dosažení p_{zk} .



Výpočet Δp_{pl} – veličiny

- p_{zk} maximální tlak dosažený při tlakové zkoušce [MPa]
- p_k hodnota tlaku, jež vyvolá v potrubí napětí na mezi kluzu [MPa]
- R_y skutečná mez kluzu použité oceli potrubí, vážený průměr zjištěný ze všech dokumentů kontroly trubek ze zkoušeného úseku potrubí [MPa]
- D vnější průměr potrubí [mm]
- t tloušťka stěny potrubí [mm]



A skoro nakonec

HYDRAULICKÁ TZ S VIZUÁLNÍ KONTROLOU PEVNOSTI A TĚSNOSTI





Hydraulická TZ s vizuální kontrolou pevnosti a těsnosti

Používá se pro **nadzemní vedení** nebo pro **podzemní nezasypaná vedení do 50 m** a pro **armaturní uzly**.

Potrubí musí být bez izolace (je přípustný jen nátěr), musí proběhnout odvzdušnění, zkoušený úsek musí mít možnost odvodnění.

Minimální vybavení – deformační tlakoměr 160 mm, 0,6 %

Průběh

30 minut zkouška pevnosti – kritérium: bez deformace

60 minut zkouška těsnosti – kritérium: bez úniku vody



**Díky za pozornost
a pěkný zbytek dne :-)**



komplexní servis
potrubních systémů

www.ceps-as.cz