

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV TECHNOLOGIE OBRÁBĚNÍ, PROJEKTOVÁNÍ A METROLOGIE

DISERTAČNÍ PRÁCE

*System optimalizace procesů údržby dle technického stavu zařízení v
energetickém průmyslu*

Ing. Barbora Kunzová

Doktorský studijní program: Strojní inženýrství

Studijní obor: Strojírenská technologie

Školitel: prof. Ing. Antonín Zelenka, CSc.

Školitel specialista: Ing. Libor Beránek, PhD.

Anotace

Disertační práce se zabývá problematikou údržby plynárenských zařízení. Práce je zaměřena na možnosti využití nových přístupů v údržbě ve vazbě na ukazatele technického stavu a provozních podmínek v plynárenském odvětví. Mezi cíle disertační práce patří analýza v oblasti monitoringu technického stavu, legislativních požadavků a plánování údržby mezi technologicky a organizačně vyspělými provozovateli plynárenských zařízení v Nizozemsku, Velké Británii a Německu. Výstupem je návrh a popis metodiky optimalizace procesu údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin s ohledem na změny intervalů inspekčních činností na základě technického a provozního stavu plynovodů.

Klíčová slova: plynárenství, plynárenské zařízení, plynovod, údržba, hodnocení technického stavu.

Annotation

The doctoral thesis deals with the maintenance of gas facilities. The thesis is focused on the possibility of using new maintenance approaches in relation to the indicators of technical condition and operating conditions in the gas industry. The aims of thesis includes analysis of the current state of maintenance of gas facilities in Germany, Netherlands, Great Britain and Hungary on the basis of legal requirements, advanced procedures for maintenance management and monitoring of technical condition. The output of doctoral thesis is the design and description of the optimization methods for the maintenance of gas pipelines with respect to the changes in the interval of inspection activities based on the technical and operational condition of the gas pipelines.

Keywords: gas industry, gas facilities, gas pipeline, maintenance, evaluation of technical condition.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem disertační práci vypracovala samostatně pod vedením školitele prof. Ing. Antonína Zelenky, CSc. a školitele specialisty Ing. Libora Beránka, Ph.D. K vypracování této práce jsem použila zdroje, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze 30. března 2018

Podpis:

Poděkování

Velmi ráda bych zde poděkovala svému školiteli prof. Ing. Antonínovi Zelenkovi, CSc. za vedení mé disertační práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Liborovi Beránkovi, Ph.D. za odborné rady a cenné připomínky. Poděkovat bych chtěla také své rodině, která mě podporovala po celou dobu mých studií.

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	8
1. Úvod.....	10
2. Přehled problematiky - Současné pojetí procesu údržba.....	11
2.1. Systém údržby	11
2.1.1. Přístupy k údržbě.....	13
2.1.2. Strategie údržby.....	16
2.1.3. Údržba ve strojírenství	16
2.1.4. Údržba v energetickém průmyslu.....	17
2.1.5. Optimalizace procesu údržby a metody hodnocení.....	22
2.1.6. Dílčí závěr	25
2.2. Plynárenství.....	26
2.2.1. Plynárenství a Evropská unie	26
2.3. Plynárenská a plynová zařízení	33
2.3.1. Plynovody a přípojky	34
2.3.2. Regulační stanice, regulační souprava	35
2.3.3. Kompresní stanice	36
2.3.4. Hraniční a vnitrostátní měřicí stanice a měřicí zařízení	36
2.3.5. Zařízení pro odorizaci plynu	36
2.3.6. Zařízení pro ochranu proti korozi.....	36
2.3.7. Podzemní zásobníky plynu.....	37
2.3.8. Plynová zařízení	37
2.4. Údržba v plynárenství	37
2.4.1. Komplexní kontrola plynovodu.....	38
2.4.2. Kontrola těsnosti	39
2.4.3. Kontrola trasy	40
2.4.4. Kontrola odorizace zemního plynu	41
2.4.5. Proměňování tlakových poměrů	41
2.4.6. Kontrola ochrany proti korozi	42
2.4.7. Vnitřní inspekce	42
2.4.8. Závady a poruchy na plynovodech a přípojkách.....	42
2.4.9. Hodnocení technického stavu ocelových plynovodů	44
2.4.10. Dílčí závěr	45
2.5. Současné pojetí procesu údržba – Závěr	45
3. Cíle práce	47
3.1. Použité vědecké metody.....	47

3.2.	Analytická část	50
4.	Analýza přístupů k údržbě plynárenských zařízení	53
4.1.	Česká republika	53
4.2.	Německo	54
4.3.	Velká Británie	55
4.4.	Nizozemsko	57
4.5.	Maďarsko	59
4.6.	Dílčí závěr	60
5.	Porovnání zjištěných údajů o provozu a údržbě PZ ve vybraných zemích	62
5.1.	Výběr plynárenského zařízení	63
5.2.	Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně	64
5.2.1.	Česká republika	66
5.2.2.	Německo	67
5.2.3.	Velká Británie	69
5.2.4.	Nizozemsko	71
5.2.5.	Maďarsko	73
5.2.6.	Porovnání ročních četností prováděné údržby na plynovodech do 4bar	74
5.3.	Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně	75
5.3.1.	Česká republika	77
5.3.2.	Německo	78
5.3.3.	Velká Británie	80
5.3.4.	Nizozemsko	81
5.3.5.	Maďarsko	82
5.3.6.	Porovnání ročních četností prováděné údržby pro plynovody 4-40bar	83
5.4.	Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně	83
5.4.1.	Česká republika	85
5.4.2.	Německo	87
5.4.3.	Velká Británie	88
5.4.4.	Nizozemsko	89
5.4.5.	Maďarsko	90
5.4.6.	Porovnání ročních četností prováděné údržby pro plynovody od 40 do 100 bar	91
5.5.	Shrnutí hlavních závěrů porovnání četností prováděné údržby	91
6.	Metodika údržby na základě technického stavu a provozních podmínek	93
6.1.	Výběr vhodného přístupu k údržbě	93
6.1.1.	Metodika založená na dynamickém systému údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin	95
6.1.2.	Metodika údržby na základě technického stavu a provozních podmínek	96

7.	Aplikace navržené metodiky na vybraná zařízení.....	111
8.	Přínosy práce a zhodnocení novosti.....	119
9.	Závěr.....	120
10.	Použitá literatura.....	122
11.	Vlastní publikace.....	128
11.1.	Publikace autora – Související s disertační prací.....	128
11.2.	Publikace autora – Související s disertační prací - spoluautorství.....	128
11.3.	Publikace autora – Přímo nesouvisející s disertační prací.....	129
12.	Seznam obrázků.....	131
13.	Seznam tabulek.....	132
14.	Seznam grafů.....	133
15.	Přílohy.....	133
	Příloha 1 - Základní činnosti prováděné na plynárenských zařízeních v České republice.....	134
	Příloha 2 - Dotazník plynárenské společnosti.....	142
	Příloha 3 Porovnání legislativy a činností údržby.....	145

Seznam použitých zkratek

ALARP	As Low As Reasonably Practicable
BP	Bezpečnost práce
CBA	Cost Benefit Analysis
CBM	Condition Based Management
ČBÚ	Český báňský úřad
ČKT _{max}	Četnost kontroly těsnosti nejlepší stav
ČKT _{min}	Četnost kontroly těsnosti nejhorší stav
ČPS	Český plynárenský svaz
ČVUT	České vysoké učení technické
DN	Diameter Nominal – Vnitřní průměr potrubí
DSO	Distribution System Operator
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches
ERÚ	Energetický regulační úřad
FMECA	Failure Modes, Effect and Criticality Analysis
GIS	Geografický informační systém
IGEM	Institution of Gas Engineers and Managers
KPI	Key Performance Indicators
KS	Kompresní stanice
MAHP	Major Accident Hazard Pipelines
MDs	Mandays - „člověkoden(dny)“ (1 MD = 8 hodin)
MEI	Maintenance Effectiveness Index (Index efektivnosti údržby)
MFL	Magnetic Flux Leakage
MOP	Maximum Operating Pressure
MTBF	Mean Time Between Failures (Střední doba mezi poruchami)
NTL	Nízký tlak
PE	Polyethylen
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PIMS	Pipeline Integrity Management System (Řízení integrity potrubí)
PKO	Protikorozi ochrana
PLE	Production Loss Equation (Rovnice výrobních ztrát)
PPD, a.s.	Pražská plynárenská Distribuce, a.s.
PTD	Portál technologických dat
PTIS	Provozně-technických informačních systém
PZ	Plynárenské zařízení
PZP	Podzemní zásobník plynu

RBM	Risk Based Management
RBI	Risk Based Inspection
RCM	Reliability Centered Maintenance
RS	Regulační stanice
RESO	Regulační souprava
SBS	Státní báňská správa
SIL	Safety Integrity Level
SKAO	Stanice katodické ochrany
SMRP	Society for Maintenance and Reliability Professionals
STL	Střední tlak
SUIP	Státní úřad inspekce práce
TFI	Transverse Field Inspection
TIČR	Technická inspekce ČR
TPG	Technická pravidla Gas
TS	Ukazatel technického stavu
UZ	Ultrazvuk
VTP	Vysokotlaký plynovod
ŽP	Životní prostředí

1. Úvod

Disertační práce na téma „Systém hodnocení optimalizace procesů údržby v energetickém průmyslu“ si klade za cíl identifikovat možnosti využití nových přístupů v údržbě ve vazbě na ukazatele technického stavu a provozních podmínek v plynárenském odvětví.

Práce je zaměřena na plynárenské odvětví, které je z důvodu energetické bezpečnosti státu regulováno a přísně kontrolováno. Ohrožení nebo případné ochromení dodávek energie představuje pro stát významné riziko. Provozovatelé přepravních a distribučních soustav musí proto splňovat přísná kritéria týkající se provozu a údržby plynárenských zařízení. Provoz a údržba plynárenských zařízení jsou v evropských státech do značné míry ovlivněny legislativou a technickými předpisy. Pravděpodobně z tohoto důvodu jsou strategie údržby a používané technologie k jejímu zajištění v různých státech na jiné úrovni. Společnosti, které působí v českém energetickém odvětví, jako provozovatelé plynárenských zařízení, jsou pod vládními regulačními opatřeními, která umožňují stanovení cen s přijatelnými náklady. Tato regulační opatření vedou k tomu, že je provozovatel nucen neustále zefektivňovat provozování plynárenských zařízení. Legislativní podmínky v České republice a zastaralé pojetí brání ve využívání nových technologií a přístupů, které povinnosti plynoucí z provozování zařízení přenáší na provozovatele zařízení nebo poskytovatele služeb.

Vzhledem k rozsahu dotčené infrastruktury a objemu vynaložených prostředků na údržbu plynárenských zařízení je nutné neustále hledat cesty k vyšší ekonomické efektivitě při zachování či zvýšení bezpečnosti dodávek a provozu zařízení. Obecně je proces údržby ze strany vedení plynárenských společností vnímán chybně jako nákladová položka, kterou je nezbytné minimalizovat. Cílem procesu údržby by měl být spolehlivý a bezporuchový chod zařízení, který bude mít pozitivní dopad na nákladovou strukturu.

Mezi cíle disertační práce patří analýza špičkového know-how v oblasti monitoringu technického stavu a plánování údržby mezi technologicky a organizačně vyspělými provozovateli plynárenských zařízení v České republice, Nizozemsku, Velké Británii, Německu a Maďarsku. Posouzení aplikace získaného know-how v legislativních podmínkách České republiky. Návrh a popis metodiky optimalizace procesu údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin s ohledem na změny intervalů inspekčních činností na základě technického a provozního stavu plynovodů. Práce má i další dílčí cíle, jimiž jsou například výběr a kvantifikace technických ukazatelů pro efektivní řízení údržby plynárenských zařízení se zaměřením na technický stav daného zařízení. A dále návrh vhodného přístupu k údržbě plynárenských zařízení.

2. Přehled problematiky - Současné pojetí procesu údržba

Pojem údržba je spjat se všemi systémy, které produkují výrobky nebo služby. Používá se jako nástroj, který zajišťuje jejich efektivní fungování. Setkáváme se s ní v dopravních i telekomunikačních systémech, ve výrobě i zpracovatelském průmyslu. Například z hlediska tvorby přidané hodnoty pro zákazníka hovoříme o údržbě jako o podpůrném procesu. Údržba je však velmi komplexní procesní přístup, který má významný dopad do oblastí jako jsou například produktivita, konkurenceschopnost nebo finanční ukazatele podniku. Cílem systému údržby není výhradně zajištění provozuschopnosti stávajících technologií, ale i spoluúčast na rozvoji podniku. [2];[18]

V literatuře zabývající se údržbou se setkáváme s různými formulacemi definice údržby. „*Údržbou se obecně rozumí kombinace všech technických a administrativních činností, včetně činnosti dozoru, zaměřených na udržení objektu ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci*“. [21]

Údržba je velmi spjata se spolehlivostí zařízení. Spolehlivost všech typů zařízení se postupem času vlivem opotřebení snižuje, zařízení selhávají a už nejsou schopny poskytovat produkty nebo služby, ke kterým byly určeny. Selhání důležitého výrobního či infrastrukturního systému může mít velmi vážné dopady. Může způsobit ekonomické ztráty, škody na životním prostředí nebo ztráty na lidských životech. [2];[18]

2.1. Systém údržby

Termín údržba v sobě zahrnuje kombinaci všech technických a administrativních činností. Patří mezi ně i činnosti dozoru, zaměřených na udržení zařízení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, ve kterém může plnit požadovanou funkci. Zajišťování údržby¹ a udržovatelnost² jsou zcela zásadní pro spolehlivost zařízení a jejich definice jsou vymezené v normě ČSN IEC 50 (191). [44];[14];[15].

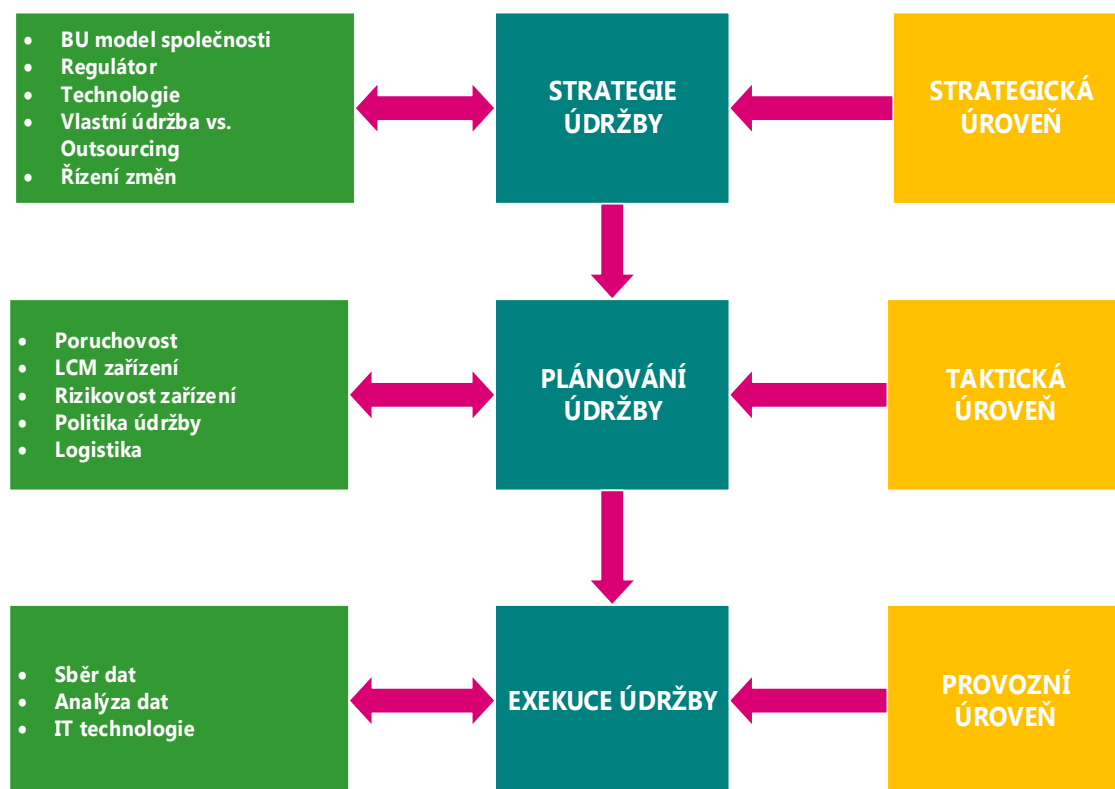
Základní dělení a terminologie údržby vychází z normy ČSN EN 13306 - Údržba - terminologie údržby. V praxi se nejčastěji setkáváme s dělením na plánovanou a neplánovanou údržbu. Současným trendem je minimalizace neplánované údržby, která vede k havarijnímu stavu zařízení. [44]

¹ **Zajišťování údržby:** Schopnost organizace poskytující údržbářské služby zajišťovat podle požadavků v daných podmínkách prostředky potřebné pro údržbu podle dané koncepce údržby.

² **Udržovatelnost:** Schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo se vrátit do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci, jestliže se údržba provádí v daných podmínkách a používají se stanovené postupy a prostředky.

Cílem údržby je zajištění bezporuchového chodu zařízení. Údržba je realizována na základě dlouhodobého podnikatelského plánu zkoumaného subjektu s cílem co nejefektivnějšího vynaložení finančních prostředků na údržbu. Splnění výše uvedeného cíle je velmi obtížné. Tato činnost spotřebovává finanční i lidské zdroje na druhé straně odstraňuje poškození, prodlužuje životnost a zvyšuje spolehlivost zařízení. Současným trendem v oblasti údržby je snaha hledat optimální stav mezi dlouhodobým snižováním nákladů na údržbu a zajištěním spolehlivosti a bezpečnosti zařízení. [4];[12];[14].

System údržby je velmi komplexní oblast, která v sobě zahrnuje mnoho přístupů a nástrojů pro zabezpečení spolehlivosti, udržovatelnosti a bezpečnosti zařízení. Zahrnuje v sobě opravy, kontroly, servis a zkoušení. Obecně lze říci, že se nastavení systému údržby se skládá z pěti základních prvků plánování, realizace, hodnocení a následná optimalizační opatření. K řízení údržby musíme přistupovat jako ke komplexní oblasti obsahující různé úrovně řízení. Přístup je ovlivněn počtem zainteresovaných stran, jako jsou vlastníci, provozovatelé, regulátoři nebo zákazníci. Do volby přístupu k údržbě vstupují různé proměnné, jako jsou náklady, čas, rizikovitost zařízení, životní cyklus výrobku nebo poskytované služby. Faktory ovlivňující volbu strategie a použité přístupy k údržbě je zachycen na obr. 1.

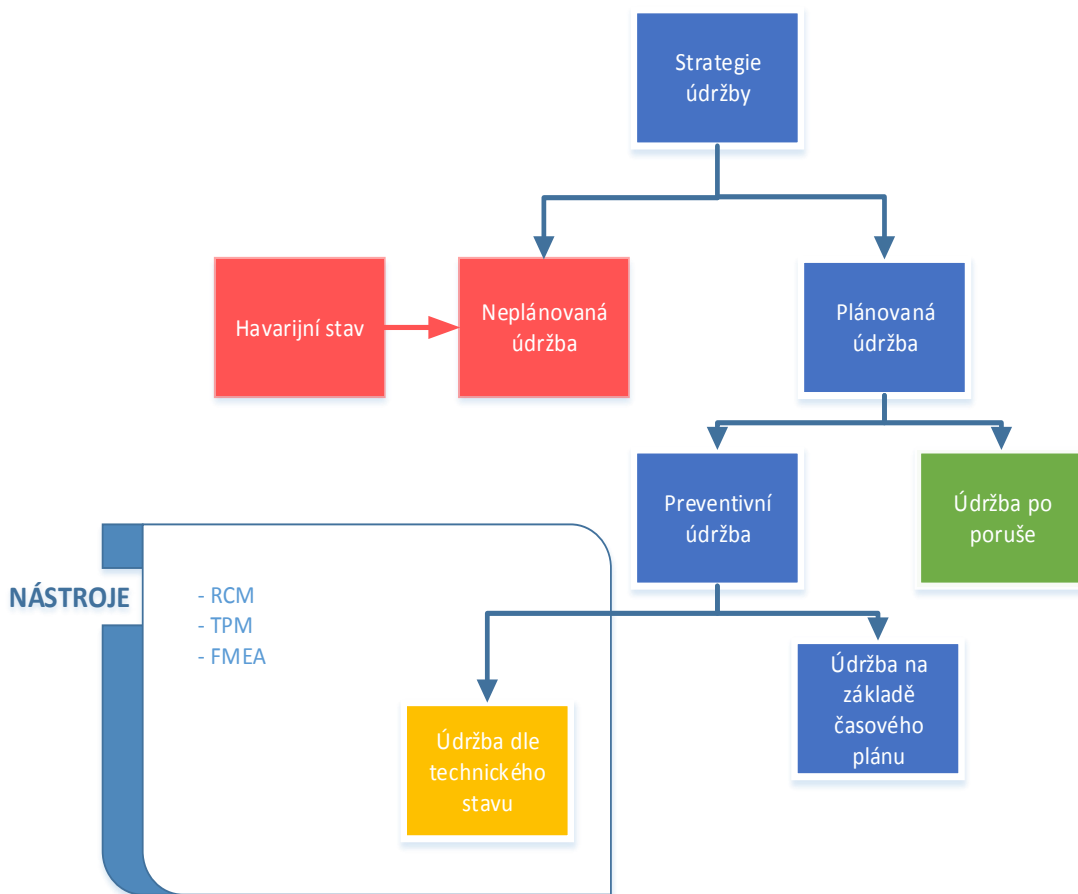


Obr. 1 Management údržby [6]

2.1.1. Přístupy k údržbě

Přístup k údržbě se za posledních sto let významně změnil. Z počátku bylo k údržbě přistupováno jako k nutnému zlu. Údržba se dříve zaměřovala především na údržbu po poruše a byla prováděna vyškolenými provozními techniky. Při návrhu provozního systému výroby nebyla uvažovaná problematika optimalizace procesu. Systém údržby se postupem času stal velmi komplexní disciplínou, která je ovlivňována řadou faktorů, jako jsou výrobní technologie, management, provoz, legislativa, ochrana životního prostředí, management, informační technologie a mnohé další. Údržba je oblast, na kterou jsou vynakládány vysoké náklady. Trendem posledních desítek let je proto tlak na co nejefektivnější optimalizaci procesu údržby. V odborné literatuře se setkáváme s různou klasifikací přístupů k údržbě.

Realizace údržby definuje činnosti, které vedou k naplnění požadavků na plány údržby. Na obr. 2 je zobrazeno základní dělení přístupů k údržbě a příklady nástrojů, který tento systém zdokonalují. Toto členění je jedním z rozhodovacích kritérií ohledně toho jakou strategii údržby zvolíme.



Obr. 2 Systémy údržby a příklady využívaných nástrojů

Základní dělení lze provést podle toho, zda se jedná o údržbu plánovanou nebo neplánovanou. Neplánovanou údržbou rozumíme údržbu, která reaguje na havarijní stav zařízení. Preventivní

údržba je zaměřena na předcházení (prevenci) poruch. Údržba po poruše je zaměřena na vyhledání příčin poruch a odstranění důsledků poruchových stavů. S rostoucími možnostmi technické diagnostiky a stupňujícími se požadavky na její optimalizaci nabývá na významu údržba na základě technického stavu zařízení. Je považována za nejběžnější přístup k údržbě. [73]

Plánovaná údržba

Plánovaná údržba vychází z dlouhodobé strategie společnosti. Cílem plánované údržby je předcházet případným škodám na majetku, zdraví a životním prostředí. Plánovaná údržba se dále člení na údržbu po poruše (reaktivní údržba) a preventivní údržbu. Při rozhodování jaký typ údržby zvolíme, je vhodné zvážit:

- důležitost daného zařízení;
- rizikovost;
- průměrnou životnost daného zařízení;
- pořizovací cenu zařízení;
- náklady na preventivní údržbu vs. náklady na výměnu zařízení. [12], [13]

Reaktivní údržba

Reaktivní údržba neboli údržba po poruše je systém údržby, který reaguje na vzniklý problém až poté co se objeví. Z dlouhodobého pohledu s sebou přináší nižší náklady na systém údržby, který nevyžaduje plánování. V konečném důsledku se jedná velmi nákladný proces. Nevýhodou tohoto typu jsou vznikající prostoje při nápravných činnostech. Typickým znakem tohoto systému je častokrát vysoká poruchovost zařízení. Údržba je pouze nápravného typu a to u zařízení, u kterých se nepředpokládá žádná preventivní údržba. [3],[12], [21]

Preventivní údržba

Systém preventivní údržby je založen na předcházení závadám skrze preventivní ošetřování a výměnu opotřebovaných součástí dříve než se projeví závada. Tento systém zvyšuje spolehlivost udržovaného systému a zabraňuje vzniku poruch a nárůstu nákladů na údržbu. Charakteristickým znakem preventivní údržby je její periodičnost. Periodičnost je dána především požadavky výroby nebo technologickými předpisy. Význam preventivní údržby se ukázal během druhé světové války, kdy vzrostl tlak na spolehlivost vyráběných zařízení. Mezi hlavní důvody vzniku

preventivní údržby patří například nárůst automatizace, výroba JIT³, štíhlá výroba, potřeba vyšší produktivity výroby apod.

Tento typ údržby je využíván v případě, že chceme zajistit vyšší spolehlivost daného systému. Preventivní údržba probíhá podle plánu, který je sestavován dle:

- předem určených kritérií;
- podle plánovaných inspekcí, které identifikují potřebu údržbového zásahu.

Preventivní údržba je dle jejího provedení dále členěna na údržbu dle technického stavu a údržbu na základě časového plánu. [3],[12]

Údržba na základě časového plánu

Údržba prováděná na základě časového plánu je jednou z variant preventivní údržby. Jedná se o údržbu, která je prováděná v pravidelných intervalech s cílem snížení pravděpodobnosti poruchy nebo rychlejšího opotřebení zařízení. Tento přístup k údržbě je velmi nákladný a z hlediska pravidelných intervalů není zohledněn technický stav zařízení.

Údržba dle technického stavu

Údržba dle technického stavu vychází z výsledků diagnostických měření. Pomocí diagnostických měření se sledují stanovené veličiny, které charakterizují technický stav zařízení. V případě, že sledované hodnoty dosáhnou kritické meze, je potřeba provést údržbový zásah. Diagnostická měření mohou být prováděna například dálkovým sledováním popřípadě periodickým měřením. Výsledky diagnostiky mohou sloužit pro stanovení optimálních intervalů údržby, popřípadě mohou sloužit k plánování obnovy zařízení. Údržba dle technického stavu musí zohledňovat provozní podmínky daného zařízení. Při diagnostických měřeních se v praxi používají technologie, jako jsou například boroskopie⁴; tribodiagnostika⁵; termovize; ultrazvuk aj. V kombinaci s řídicími a informačními systémy je tento přístup velice účinný z hlediska eliminace neefektivních údržbářských zásahů. Nevýhodou mohou být relativně vysoké náklady spojené se zajištěním průběžného nebo periodického sledování technického stavu zařízení. [2]

Prediktivní údržba

Samostatnou podskupinou preventivní údržby na základě technického stavu zařízení je prediktivní údržba. Tato oblast je známá i pod pojmem proaktivní údržba, která je často

³ JIT – neboli strategie Just – in- Time – cílem této filosofie je eliminace všech druhů ztrát v průběhu celého výrobního procesu od nákupu materiálu a surovin až po distribuci hotových výrobků.

⁴ Boroskopie je technologie umožňující vnitřní inspekci bez demontáže zařízení.

⁵ Tribodiagnostika je bezmontážní technická diagnostika, která využívá maziva jako zdroj informací mechanických změnách ve zkoumaném zařízení.

aplikována ve výrobních podnicích které využívají moderní přístupy k řízení výroby vycházející z japonských, německých popř. amerických přístupů k managementu výroby (Toyota, Ford, VW). Cílem takto prováděné údržby je nastavit systém údržby tak, aby péče o hmotný majetek odpovídala skutečnému obrazu a napomáhala zlepšit celkovou efektivitu zařízení. Řeší okamžité problémy zařízení včetně dopadu na produktivitu práce. Filosofie tohoto přístupu je založena na principu maximalizace efektivnosti výrobního zařízení. Údržba je v tomto přístupu chápána jako celopodnikový problém. Z tohoto důvodu jsou procesy nastaveny tak, aby došlo k naplnění maximální provozní spolehlivosti skrze systémový a procesní přístup k údržbě. [2];[23]

2.1.2. Strategie údržby

Zvolená strategie údržby reflektuje dlouhodobý výhled společnosti. Ten definuje, jakým způsobem budou zabezpečeny činnosti vedoucí k zajištění spolehlivosti, udržitelnosti a bezpečnosti zařízení. V údržbě se setkáváme s vysokými nároky na oblasti řízení, získávání informací a také na oblast plánování. Činnosti, které s touto oblastí souvisí, se v průběhu času mění z hlediska jejich obsahu. Ze systémového hlediska je nutné zabezpečit nezbytné činnosti, které vlastní výkon funkce údržby zajišťují. Patří mezi ně zejména diagnostika, která se zaměřuje na rozpoznávání vlastní poruchy, příčin a zajištění klíčových zdrojů na realizaci vlastního odstranění závad. Dále technická příprava údržby, která zajišťuje technické podmínky pro realizaci oprav, včetně přípravy příslušné informační základny. Volba strategie údržby závisí na typu odvětví, pro které má být aplikována.[24]

V praktických aplikacích sestavování plánů údržby se velmi často uplatňují kombinace výše uvedených typů údržby. Nasazení určitého údržbového zásahu (korektivního, ale i diagnostického) podléhá dopadové analýze a nacenění vhodnosti a přínosům zvažované strategie údržby. Takto definovaný proces hledání optimální strategie údržby patří k nejmodernějším přístupům a nazývá se systém údržby založený na ekonomické optimalizaci. Je založen na analýze nákladů životního cyklu zařízení, při které se zkoumá vliv aplikovaného systému údržby na celkové náklady výroby. Do této analýzy vstupují jak náklady spojené s pořízením zařízení tak i tzv. vlastnické náklady, jejichž významnou složkou jsou náklady na údržbu zařízení. [23]; [24]

Nástroje a metodiky pro plánování údržby

V oblasti managementu údržby došlo v posledních několika desítkách let k vývoji nástrojů a metodik, které umožňují systém údržby optimalizovat a zdokonalovat. Stále častěji se začíná využívat nástrojů, které jsou založené na hodnocení rizik a znalosti technického stavu zařízení.

2.1.3. Údržba ve strojírenství

Ve výrobním prostředí se setkáváme s kombinací všech výše uvedených přístupů k údržbě. Jsou zde uplatňovány různé typy metodik a nástrojů. Jako příklad je uvedena metoda TPM.

2.1.3.1. Total Productive Maintenance

TPM (Total Productive Maintenance) neboli totálně produktivní údržba je proces spojující japonskou koncepci managementu jakosti (TQM⁶) se zapojením všech pracovníků do údržby. Je to metoda, jejímž cílem je zabránit ztrátám, které vznikají špatnou údržbou zařízení. Vychází z toho, že každý pracovník by se měl starat o svůj vlastní stroj tak, aby se předešlo poruchám. Většina údržbářských činností se převádí z pracovníků údržby na výrobní úseky a pracovníky výroby. Důležité pro zavádění této metody je podpora ze strany managementu výrobního podniku. Zavádění TPM je znamená velký zásah do zvyklostí pracovníků výroby a údržby a nesprávným řízením shora může být neefektivní. [26];[27]

Metoda TPM se od metody klasické údržby liší zejména tím, že klasická údržba se zabývá zejména údržbou, která vzniká v důsledku poruchy zařízení. Metoda TPM se zabývá i ztrátami vzniklými nesprávnými pracovními metodami a identifikuje druhy ztrát ve výrobě. Je považovaná za podpůrný proces systému Just in Time⁷. TPM je vhodné zavádět všude tam, kde minimalizací ztrát dosáhneme vyšší produktivity. Je to dlouhodobý proces což znamená, že se výsledky nedostaví ihned. Tento proces se musí nestále zdokonalovat a kontinuálně rozvíjet. [60] [64]

Mezi základní prvky TPM patří:

- Systém autonomní údržby - Hlavním cílem autonomní údržby je přenesení části údržby na operátory strojů.
- Systém plánované údržby - Pracovníci se věnují zejména plánování systému údržby a optimalizaci nákladů na údržbu.
- Měření celkové efektivnosti zařízení – je též znám pod zkratkou OEE (Overall Equipment Effectiveness) a jeho cílem je sledování všech šesti druhů ztrát z kapacity zařízení a následně maximalizovat produktivitu zařízení. Do zvyšování a vyhodnocování OEE je zapojena výroba, údržba a management. OEE udává v procentech měřitelný údaj o tom, jaké je celkové využití zařízení. Umožňuje porovnat zařízení, které mají srovnatelnou technologii a požadavky na vytížení. [22]; [23]; [24]

2.1.4. Údržba v energetickém průmyslu

Energetický průmysl v sobě zahrnuje řadu průmyslových odvětví, které mají různé charakteristiky. Do energetického průmyslu řadíme především získávání a distribuci různých forem energie. Patří sem těžba surovin, jako jsou například ropa, uhlí nebo zemní plyn. V každém z uvedených odvětví se setkáváme s různou technologií zpracování nebo údržby. Zařízení, která

⁶ TQM - Total Quality Management

⁷ JIT – Just in Time

se v daném odvětví využívají pro těžbu surovin a následnou distribuci energie mají různý životní cyklus. Energetický průmysl patří s ohledem na svoji důležitost mezi vysoce regulované a kontrované odvětví. Souvisí to s vysokými nároky na bezpečnost a spolehlivost využívaných zařízení. Systém provozu a údržby je zde úzce propojen s výzkumem, vývojem a technickým rozvojem společnosti. V energetickém průmyslu se setkáváme se všemi výše uvedenými přístupy k údržbě. Setkáváme se zde například s metodou RCM, která je jedním z předpokladů dynamického programu údržby.

2.1.4.1. Reliability Centered Maintenance (RCM)

Údržba orientovaná na spolehlivost neboli RCM je metoda využívaná k optimalizaci údržbářských činností v přístupu preventivní údržby. Patří mezi systémy tzv. proaktivní údržby. Vhodná aplikace umožňuje zlepšení celkové bezpečnosti, pohotovosti a ekonomiky provozu plynárenských zařízení. Metodika umožňuje zjištění bezpečnostních, provozních a ekonomických následků ve vztahu k analyzovaným poruchám na daném zařízení. Výsledkem aplikace metodiky RCM je posouzení, zda je nutné danou činnost údržby provádět i nadále. Výsledky jsou vyhodnocovány z hlediska nákladovosti a možných rizik, která mohou vzniknout v důsledku neprovádění analyzované činnosti údržby. K posuzování vhodnosti činností jsou využívána hodnotící kritéria. Zvolená kritéria závisí na charakteru a způsobu využívání zvoleného zařízení. V závislosti na oboru využívání jsou jiné požadavky na bezpečnost, spolehlivost, dopady na životní prostředí a efektivitu provozu. Využití metodiky RCM vyžaduje detailní analýzu, která je časově velmi náročná. Náročnost je daná individuálním posuzováním každého využívaného zařízení. Metodika neumožňuje posuzovat skupinu podobných zařízení jako celek. RCM je proto vhodné využít tam, kde je údržba na kritické úrovni z hlediska provozování, nákladovosti nebo bezpečnosti. [8],[13], [14].

Výstupem aplikace metodiky RCM je dynamický program údržby. Navržený údržbový program musí zohledňovat zajištění bezpečnosti pracovníků, eliminovat nežádoucí dopady na životní prostředí a zajistit požadované provozní a ekonomické požadavky. Metodika RCM mimo jiné vyžaduje znalost a pochopení jednotlivých funkcí systému. S tím souvisí identifikace a porozumění vzniklým poruchám a jejich následným důsledkům. Při analýze RCM pracujeme se značným objemem dat, které vyžadují softwarovou podporu. Metodika RCM využívají zejména velké společnosti, které disponují dostatečnou kapacitou pro řešení problematiky následně zavedení postupů RCM do provozu. Z analýzy RCM vyplývá navržení dynamického programu údržby. [1]; [16]; [17]; [22]

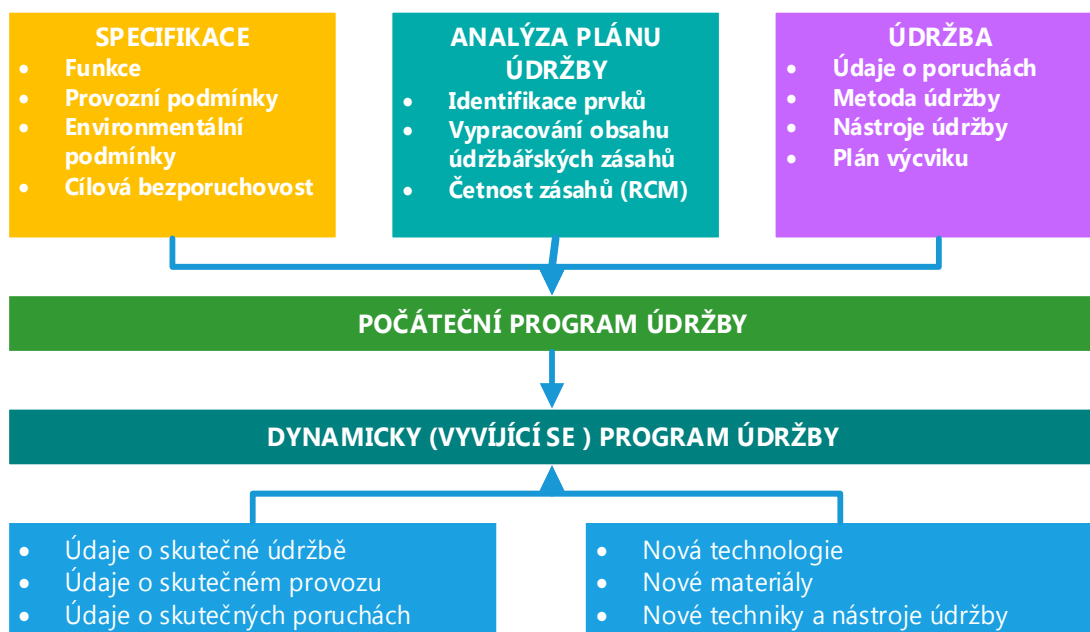
Metodika RCM je postup pro zavedení dynamického programu údržby, který umožňuje zlepšení celkové bezpečnosti, pohotovosti a ekonomiky provozování zařízení. Základní kroky potřebné k realizaci RCM jsou znázorněny na obr. 3.



Obr. 3 Základní kroky zavádění RCM

Dynamický program údržby

Je systém založený na vyhodnocování stavu zařízení a rizika spojeného s jeho provozem. V rámci dynamického programu údržby jde zejména o hledání optimálních inspekčních, testovacích, údržbářských intervalů a činností včetně jejich logistického zabezpečení. Výsledkem dynamického programu údržby je plán údržby, který je ekonomicky optimální vzhledem k odhadnuté úrovni rizika spojeného s provozem zařízení. Program údržby je dynamický z toho důvodu, že vyžaduje stálé vyhodnocování stavu zařízení a jeho provozních podmínek. Dynamický program údržby však představuje velmi náročnou implementaci. Jeho zavedení představuje vysoké požadavky na změny systémů, práce s daty a je velmi náročný z hlediska jeho organizace a výše vynaložených nákladů. Na obr. 4 je zachycen postup vypracování dynamického programu údržby.[17]; [22]; [23]; [24]



Obr. 4 Postup vypracování dynamického programu údržby [25]

Podmínky pro zavedení dynamického programu údržby

Jednou z podmínek zavedení dynamického programu údržby je identifikace rizik, jejich příčin a následků. Riziko⁸ je definované jako účinek nejistoty dosažení cíle. Často je vyjadřováno jako kombinace následků události (včetně změn okolností) a s ní související možnosti výskytu. Existuje mnoho kategorií rizik (viz obr 5).



Obr. 5 Druhy rizik

Pro nastavení programu údržbu je důležité pochopit povahu rizika a stanovení jeho úrovně. Jsou prováděny pravidelné analýzy rizik, které poskytují základ pro hodnocení rizika a pro rozhodnutí o ošetření rizika. Analýza rizika v sobě zahrnuje i odhad rizika.

⁸ ČSN ISO 31000:2010

Hodnocení rizik je proces porovnání výsledků analýzy rizik s kritérii rizik k určení, zda riziko anebo jeho velikost je přijatelné nebo tolerovatelné. Hodnocení pomáhá při rozhodování o ošetření rizika.

MATICE RIZIK

		Závažnost/dopady						Pravděpodobnost/účinek								
Závažnost události		Finanční dopady	Důležití zákazníci bez dodávek	Bezpečnost	Pozornost novinářů	Pozornost dozorců orgánů	Náklady na vyčištění životního prostředí	Trvale	Denně	Měsíčně	Ročně	Často	Pravděpodobné	Možné	Nepravděpodobné	Téměř nemožné
		>10 M€	>10 Mmin	Někdy úmrtí	>1 město v celostátních médiích	strukturální konflikty	>10 M€	>1000	>100	>10	>1	>0,1	>0,01	>0,001	>0,0001	>0,00001
Katastrofální	>10 M€	>10 Mmin	Někdy úmrtí	>1 město v celostátních médiích	strukturální konflikty	>10 M€	VH	VH	VH	VH	VH	VH	H	H	M	L
Závažná	1-10 M€	1-10 Mmin	1 mrtvý/2 závažně postižení	Styden v celostátních a 1 týden v regionálních médiích	ještě jeden konflikt	1-10 M€	VH	VH	VH	H	H	M	M	M	L	L
Vážná	0,1-1 M€	1,1-1Mmin	1 invalida	TV program: Článek v celostátním tisku, týden v regionálních médiích	desítky oprav	0,1-1 M€	VH	H	H	M	M	M	L	L	N	N
Středně vážná	10-100 Kč	10-100 kmin	Stouhrotopní absence v zaměstnání	Článek v regionálním tisku, víkend v tisku	< 10 oprav	10-100 Kč	H	M	M	L	L	L	N	N	N	N
Nízká	< 10 Kč	<10kmin	Osoba se nachází v blízkosti nebo lehce zranění	Práva lokální oprava	-----	< 10 Kč	M	L	L	N	N	N	N	N	N	N

Třídy kritičnosti

- VH – velmi závažná (Very High)
- H – závažná (High)
- M – střední (Medium)
- L – nízký (Low)
- N – zanedbatelná (Negligible)

Obr. 6 Matice rizik⁹

Nezbytné je zvážit i přijatelnost rizika, která popisuje úroveň rizika, které jsme schopni akceptovat. Například norma ČSN EN 50126 doporučuje použití následujících principů:

- **Zásada ALARP** - As Low As Reasonably Practicable: Princip se zaměřuje na snižování rizika na tak nízké, jak je rozumně proveditelné. [16]
- **Zásada GAMAB:** Tento princip je používán ve Francii, říká, že nové zařízení musí být při celkovém hodnocení nejméně tak bezpečné, jako kterýkoli stávající ekvivalentní systém. Je zde ponechána určitá volnost, některý jednotlivý parametr může být u nového zařízení mírně horší, ale nesmí jít o parametr zásadní a celkově musí jít o snížení rizika oproti stávajícímu stavu. [22]

⁹ Matice rizik je zpracovaná autorkou práce na základě poznatků získaných od zahraničních provozovatelů plynárenských zařízení z Nizozemska.

2.1.5. Optimalizace procesu údržby a metody hodnocení

Při hledání optimální úrovně údržby technického zařízení je cílem dosáhnouti takového stavu, kdy celkové náklady na provoz a údržbu zkoumaného systému budou co možná nejnižší. Toho lze v zásadě dosáhnout dvěma způsoby - pořízením zařízení s vysokou spolehlivostí nebo provedením optimalizace údržbového systému. Možná je samozřejmě také kombinace obou uvedených postupů, ovšem je třeba uvažovat o ekonomických aspektech nákupu modernějšího/spolehlivějšího zařízení, resp. změny plánu údržby. [24]

Cílem optimalizace, je aby náklady vynaložené na údržbu byly nižší nebo maximálně shodné s přínosy, které tato údržba přináší. Rozhodnutí o tom, zda byla tato podmínka splněna, lze zajistit například pomocí analýzy rizik, ekonomických analýz, benchmarkingu apod.

Optimalizace procesu je spojena s ekonomickou efektivitou údržby. Jako kritéria jsou uváděny například:

- Snižování nákladů údržby – vzrůst či pokles nákladů na opravy stejného druhu.
- Změna počtu pracovníků v údržbě.
- Průběžná doba provádění údržbářských zásahů.
- Zvýšená spolehlivost zařízení.

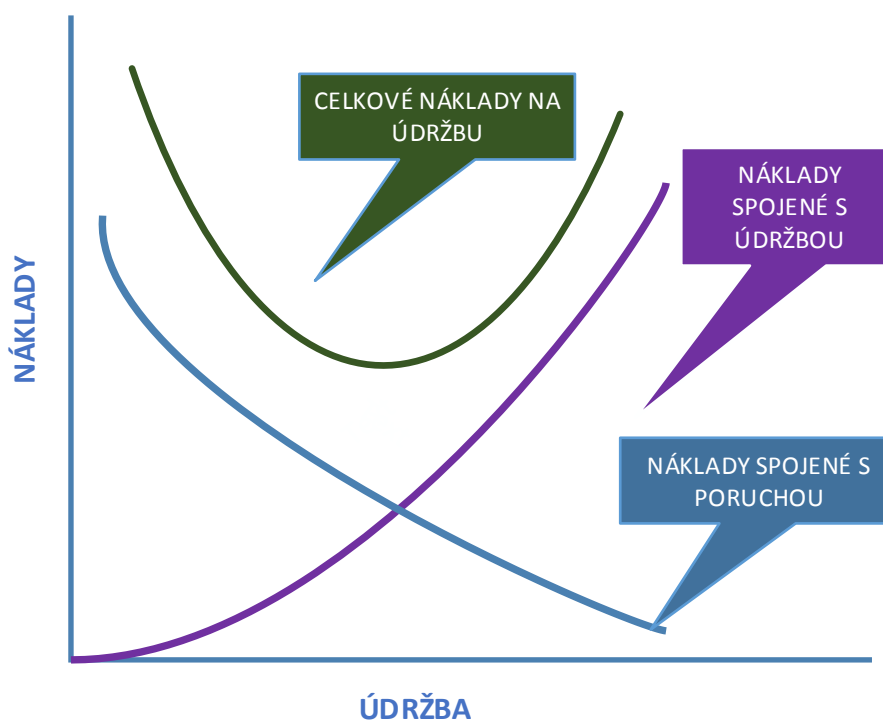
Abychom mohli proces správně vyhodnotit a nastavit co nejlépe proces optimalizace, musíme zvolit správné klíčové výkonnostní ukazatele tzv. KPI (Key Performance Indicators). Tyto KPI mohou mít finanční nebo nefinanční charakter. V současnosti se stále častěji setkáváme s managementem rizik, který je využíván pro identifikaci rizikových faktorů a jeho výstupem bývá návrh opatření pro zajištění spolehlivosti a bezpečnosti provozovaného zařízení.

Efektivnost údržby lze měřit několika nástroji, které se zaměřují na různé charakteristiky výkonosti. Patří mezi ně například proces měření výkonosti údržby - MPM (Maintenance Performance Measurement), který identifikuje kategorie poměrových ukazatelů. Jsou jimi kategorie ekonomické, technické, organizační a bezpečnostně – environmentální ukazatele. Dalším nástrojem pro měření výkonosti údržby je systém metrik SMRP (Society for Maintenance and Reliability Professionals). Zde jsou ukazatele rozděleny do čtyř oblastí a to na obchod a management, spolehlivost výrobního procesu zařízení a organizace, leadership a řízení práce. [2]; [3];[24];[25]

Nejčastějším problémem při zjišťování efektivity údržby je určení optimální výše nákladů na údržbu. Kvantifikace nákladů na údržbu je vícerozměrný rozhodovací proces, kde hraje roli četnost preventivních zásahů a systém následné údržby. Zjednodušeně lze říci, že údržba se může pohybovat mezi dvěma krajními polohami:

- nulová údržba - zařízení je provozováno až do poruchy (havárie),
- maximalistická preventivní údržba - zařízení je provozováno (teoreticky) bez poruchy.

V prvním případě jsou náklady na údržbu nulové a ztráty plynou jen z následků poruch, včetně ztrát z dostupnosti zařízení vlivem poruchy. Započítávají se například náklady na materiál potřebný pro obnovu funkce zařízení; náklady na pracovníky vykonávající opravu; náklady na obnovu poškozeného životního prostředí vlivem poruchy; náklady vypořádání se s následky na zdraví osob poškozených poruchou, aj. Údržba se prakticky pohybuje mezi uvedenými polohami (viz obr. 7). [2]; [6];[16]; [25]



Obr. 7 Závislost mezi náklady a typem údržby

V případě maximalistické údržby jsou ztráty z následků poruch nulové, ale je třeba vynakládat značné prostředky na monitorování stavu zařízení, preventivní údržbu a uvažovat ztráty z nedostupnosti zařízení v důsledku prováděné údržby. [16]; [25]

Určování efektivity údržby a oprav je spojeno s hledáním optimální výše nákladů na údržbu. Hledá se taková varianta údržby, která bude mít na úroveň procesu co největší pozitivní vliv. Situace, při které je součet nákladů na údržbu a ztráty z prostojů minimální, je optimální stav který hledáme. [16]

K hodnocení účinnosti údržby se používá tzv. index účinnosti údržby, který zachycuje vztah mezi náklady a provozní spolehlivostí udržovaných zařízení. [20]

S procesem optimalizace údržby je spojena efektivita i metodiky ekonomického hodnocení procesu údržby. Mezi dílčí metody hodnocení efektivity a optimalizace údržby patří hodnocení účinků jednotlivých systémů na konkrétních zařízeních. Patří sem například:

a) **Posouzení vhodnosti či nevhodnosti opravy**

Posouzení vhodnosti či nevhodnosti opravy vychází ze zkušenosti provozovatelů zařízení a vynaložených nákladů. Posuzuje se například vhodnost celkové generální opravy zařízení v porovnání s pořízením nového zařízení. Posuzuje se pořizovací cena, která odráží aktuální situaci na trhu a cena generální opravy. Tato metoda je velmi jednoduchá a často je v praxi využívána. [5]

b) **Benchmarking**

Benchmarking bývá v odborné literatuře řazen mezi nástroje strategického řízení. Patří mezi analytické nástroje, který je používán při řízení zdrojů, monitoringu výkonu, výrobních kapacit nebo analýze externího prostředí nebo společností uvnitř odvětví. Využívá se například i při hledání způsobů jak vylepšit postupy v organizaci. Základem benchmarkingu je srovnání, které lze provádět jednorázově nebo opakovaně ve vztahu k vybraným interním nebo externím měřítkům. [30]

Benchmarking je vhodný tam, kde potřebujeme porovnat například procesy, výsledky společností mezi sebou. Slouží pro hodnocení porovnávané společnosti s okolními organizacemi, u kterých jsme identifikovali nejlepší parametry výkonnosti a je stanoven postup jejich dosažení. Principy mohou být použity jako základ pro sledování a následné zlepšení procesů organizace. Jeho prostřednictvím se můžeme poučit o best practices v rámci sledovaného prostředí. [31]

Přínosy jsou zejména v systematickém postupu sběru a analýze dat a jejich následném vyhodnocení. Postup benchmarkingu je možné rozdělit do čtyř etap:

- **Plánování** – V tomto kroku se sestaví tým, vyberou se aktivity nebo procesy, které budou podrobeny zkoumání a zvolí se referenční společnosti, ke kterým se budou aktivity porovnávat. Následuje zvolení nejvhodnější varianty sběru dat.
- **Sběr a analýza dat** – tento krok se zaměřuje na získání a vlastní porovnání dat, na zjišťování nedostatků s přihlédnutím k potřebným korekcím, které plynou z rozdílné podstaty srovnávaných společností.
- **Gap analýza** – jedná se o kvantifikaci rozdílu mezi hodnocenou společností a nejlepší dosahovanou hodnotou. Cílem tohoto kroku je identifikovat nedostatky porovnávaného systému a připravit plán na jejich odstranění.
- **Realizace opatření** - poslední krok se zabývá implementací navržených opatření, monitoringem a postupnou optimalizací procesu. [32]

c) Index účinnosti údržby

K hodnocení účinnosti údržby se používá tzv. index ekonomické účinnosti údržby, který zachycuje vztah mezi náklady a provozní spolehlivostí udržovaných zařízení.

Základem pro vyhodnocení ekonomické efektivnosti úkolů údržby je index efektivnosti údržby MEI, což je poměr přínosů (vyjádřených jako snížení rizika preventivní údržbou) a nákladů (na preventivní údržbu), viz následující vztah.

$$MEI = \frac{R_{NO} - R_{UO}}{N_{PU}} = \frac{\frac{N_F}{MTBF_{NO}} - \frac{N_F}{MTBF_{UO}}}{N_{PU}} > 1 \quad (1)$$

MEI	index efektivnosti údržby [1]
R_{NO}	riziko neudržovaného objektu (bez preventivní údržby) [Kč.rok ⁻¹]
R_{UO}	riziko udržovaného objektu (s preventivní údržbou) [Kč.rok ⁻¹]
N_F	následky poruchy ve finančním ocenění [Kč]
N_{PU}	náklady na preventivní údržbu [Kč.rok ⁻¹]
$MTBF_{NO}$	střední doba mezi poruchami neudržovaného objektu [rok]
$MTBF_{UO}$	střední doba mezi poruchami udržovaného objektu [rok]

Aby údržba byla nákladově efektivní, musí být index efektivnosti údržby větší než 1. Ke každému úkolu údržby navrženému pro předcházení poruše je tedy prováděna analýza nákladů a přínosů s cílem získat co nejvyšší hodnotu MEI. Pro výpočet indexu efektivnosti údržby MEI je třeba znát následující 4 parametry N_F , N_{PU} , $MTBF_{NO}$, $MTBF_{UO}$. Metodický rámec pro zjištění indexu účinnosti je popásán v normě ČSN IEC 60300-3-11.¹⁰ [17]; [23]; [24]

2.1.6. Dílčí závěr

V oblasti managementu údržby došlo v posledních několika desítkách let k vývoji nástrojů a metodik, které umožňují systém údržby optimalizovat a zdokonalovat. Stále častěji se začíná využívat nástrojů, které jsou založené na hodnocení rizik a znalosti technického stavu zařízení. Trendem je snaha hledat optimální stav mezi dlouhodobým snižováním nákladů na údržbu a zajištěním spolehlivosti a bezpečnosti zařízení. Popsané přístupy ke strategii údržby představují jen určitý výběr ze známých systémů údržby a konkrétní aplikovaný přístup vždy bude záviset na charakteru zařízení a konkrétních požadavcích uživatele. Obecně však platí, že ve většině případů není konkrétní použitý systém údržby

¹⁰ ČSN IEC 60300-3-11: 1999 Management spolehlivosti. Část 3-11: Návod k použití - Údržba zaměřená na bezporuchovost

realizován pouze na jednom z uvedených přístupů k údržbě. Zpravidla představuje účelovou kombinaci různých systémů údržby.

2.2. Plynárenství

Plynárenské odvětví je z důvodu energetické bezpečnosti regulováno a přísně kontrolováno. Ohrožení nebo případně ochromení dodávek energie představuje pro stát významné riziko. Provozovatelé přepravních a distribučních soustav musí proto splňovat přísná kritéria týkající se provozu a údržby plynárenských zařízení. Zajištění bezpečného, spolehlivého a hospodárneho provozu je možné provádět skrze efektivně nastavený proces údržby v plynárenství.

Pro potřeby disertační práce byly identifikovány nejvyspělejší evropské země z pohledu provozování plynárenských zařízení. Jsou jimi Německo, Velká Británie, Nizozemsko, Maďarsko a Česká republika. V těchto vybraných zemích probíhal i následný průzkum, který je základem výstupu disertační práce.

2.2.1. Plynárenství a Evropská unie

Evropská unie je z 67 % závislá na dovozu zemního plynu a to z velmi vzdálených zdrojů. Výpadek zásobování zemním plynem z důvodů, které nelze ovlivnit, může mít závažné důsledky v oblasti energetické bezpečnosti. Evropská unie se z důvodu energetické bezpečnosti snaží o diverzifikaci dodavatelských zemí a tras zejména z oblasti Kaspického moře. V roce 2013 pocházelo 39 % objemu zemního plynu dováženého do EU z Ruska, 33 % z Norska a 22 % ze severní Afriky (Alžírsko, Libye). [7]; [40]

Podle Státní energetické koncepce bude do roku 2040 zemní plyn stále významným energetickým zdrojem. Pro země Evropské unie je tedy klíčové zajištění bezpečného, spolehlivého a hospodárneho provozu, údržby, obnovy a rozvoje plynárenských zařízení.[41]¹¹

Ve všech uvedených evropských státech je plynárenství regulovaným odvětvím. V každé zemi se setkáváme se specifickou legislativou a vlastním souborem technických pravidel, která jsou k provozu plynárenských zařízení využívána.

2.2.1.1. Plynárenství v České republice

Česká republika je z hlediska své polohy strategicky důležitým místem pro přepravu plynu z Ruska do zemí západní Evropy. Plynárenská přepravní soustava zajišťuje propojení se Slovenskou republikou a Německem přes tranzitní plynovod. Tranzitní plynovod dlouhodobě

¹¹ Plynárenským zařízením je pro potřeby disertační práce rozuměno zařízení pro rozvod plynů s vysokým a velmi vysokým tlakem a kompresní a regulační stanice s vysokým a velmi vysokým tlakem.

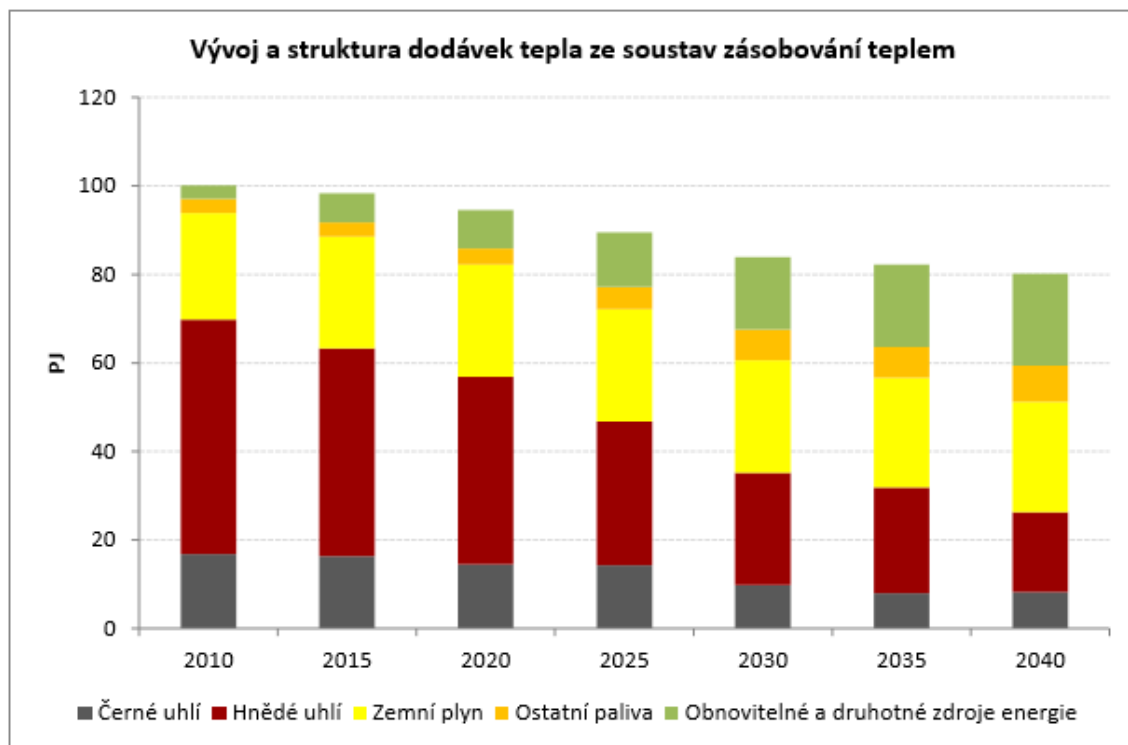
zajišťuje mezinárodní přepravu plynu. Na území ČR se nachází vlastní zdroje zemního plynu. Nejedná se však o významná ložiska. Jsou využita k pokrytí 1 % spotřeby na domácím trhu. Zemní plyn je těžen na jižní Moravě a dále z černouhelných dolů na severní Moravě (degazační plyn⁴). Česká republika je závislá na dodávkách zemního plynu ze zahraničí. Hlavními dodavateli zemního plynu do České republiky jsou z převážné většiny Rusko a dále Norsko. Z Ruska se plyn dováží prostřednictvím firmy Gazprom export Ltd. Na našem území se nachází 8 podzemních zásobníků, z nichž je pro potřeby ČR využíváno 7 zásobníků o celkové roční kapacitě 3,077 mld. m³. Podzemní zásobník plynu (dále PZP) Dolní Bojanovice skladuje plyn pro Slovenskou republiku, není součástí skladovacích kapacit ČR.

Převravní soustava



Obr. 8 Převravní soustava plynu v ČR [38]

Zemní plyn v patří v České republice mezi významné energetické zdroje. Je využíván pro výrobu elektřiny nebo vytápění. Pro vytápění ho využívá přibližně 27 % domácností. Podle statistických údajů Ministerstva průmyslu a obchodu z roku 2015 se spotřeba plynu se za posledních deset let snížila o 20 %, a to i přes nárůst počtu odběratelů, kterých bylo přibližně 800 tisíc. Tento pokles vznikl v důsledku stále častějšího zateplování objektů a využívání účinnějších spotřebičů, dále snižování některých druhů průmyslové výroby a v neposlední řadě vývoje ceny plynu pro domácnosti. Podle Státní energetické koncepce bude do roku 2040 zemní plyn stále významným energetickým zdrojem (viz graf 1). Pro EU a Českou republiku je tedy klíčové zajištění bezpečného, spolehlivého a hospodárného provozu, údržby, obnovy a rozvoje plynárenského zařízení. Bezpečnost dodávek bude zajištěna diverzifikací zdrojů a dopravních tras a rozvojem kapacit zásobníků. Prognózy hovoří o budoucím nárůstu využívání plynu v energetice a dopravě. [38]; [41]



Graf 1 Vývoj a struktura dodávek tepla ze soustav zásobování teplem [41]

Pro zajištění bezpečnosti a spolehlivosti dodávek je tedy nezbytné udržení bezpečnostního standardu infrastruktury a dále udržení nároků na zajištění bezpečnostních standardů dodávek. V současné době finalizuje výstavba pro Evropu strategického vysokotlakého plynovodu Gazela a v následujících letech budou dokončeny tranzitní plynovody STORK II a BACI. [41];

Provozovatelé plynárenských zařízení

Mezi provozovatele plynárenských zařízení (dále PZ¹²) v České republice patří:

- **Výrobci plynu** - Největší společností zabývající se těžbou zemního plynu v České republice je akciová společnost Moravské naftové doly, a.s. Společnost je licencovaným obchodníkem se zemním plynem v ČR.
- **Provozovatel přepravní soustavy**- V současné době je jediným držitelem licence pro přepravu zemního plynu společnost NET4GAS, s.r.o. Společnost zajišťuje mezinárodní přepravu zemního plynu pro zahraniční obchodní partnery a současně přepravu zemního plynu pro zásobování ČR pro regionální plynárenské společnosti.¹³

¹² Plynárenským zařízením je pro potřeby disertační práce rozuměno zařízení pro rozvod plynů s nízkým, středním a vysokým tlakem, kompresní a regulační stanice s vysokým a velmi vysokým tlakem

¹³ V současné době je celková délka liniové části tranzitních plynovodů 2460, km s průměry plynovodů od DN 800 do DN 1400. Součástí přepravní soustavy jsou dále plynovody vnitrostátní soustavy, s celkovou délkou liniové části plynovodů 1 180 km v dimenzích od DN 300 do DN 700.

- **Provozovatelé distribučních soustav** - V České republice je 87 držitelů licence na distribuci plynu.¹⁴ Distribuční soustavu tvoří vysokotlaké, středotlaké a nízkotlaké plynovody a přípojky o celkové délce 72 300 km¹⁵, regulační stanice a další technická a zabezpečovací zařízení.
- **Provozovatelé zásobníků plynu** - V České republice působí tři provozovatelé podzemních zásobníků. Nejvýznamnějším provozovatelem je společnost RWE Gas Storage, s.r.o. (dříve součástí spol. RWE Transgas, a.s). Společnost vlastní šest z osmi podzemních zásobníků plynu v ČR.¹⁶

Oblast plynárenství je v České republice podle zákona podřízena státnímu odbornému dozoru. Dozorujícími úřady jsou Energetický regulační úřad (ERÚ)¹⁷, Technická inspekce ČR (TIČR), Státní úřad inspekce práce (SUIP), Energetický regulační úřad, Státní energetická inspekce (SEI) a v případě podzemních zásobníků Státní báňská správa.

Nejvýznamnějšími úřady z hlediska provozování plynárenských zařízení jsou Technická inspekce ČR (TIČR), Státní úřad inspekce práce (SUIP) a Státní báňská správa (SBS). [61]

Legislativa

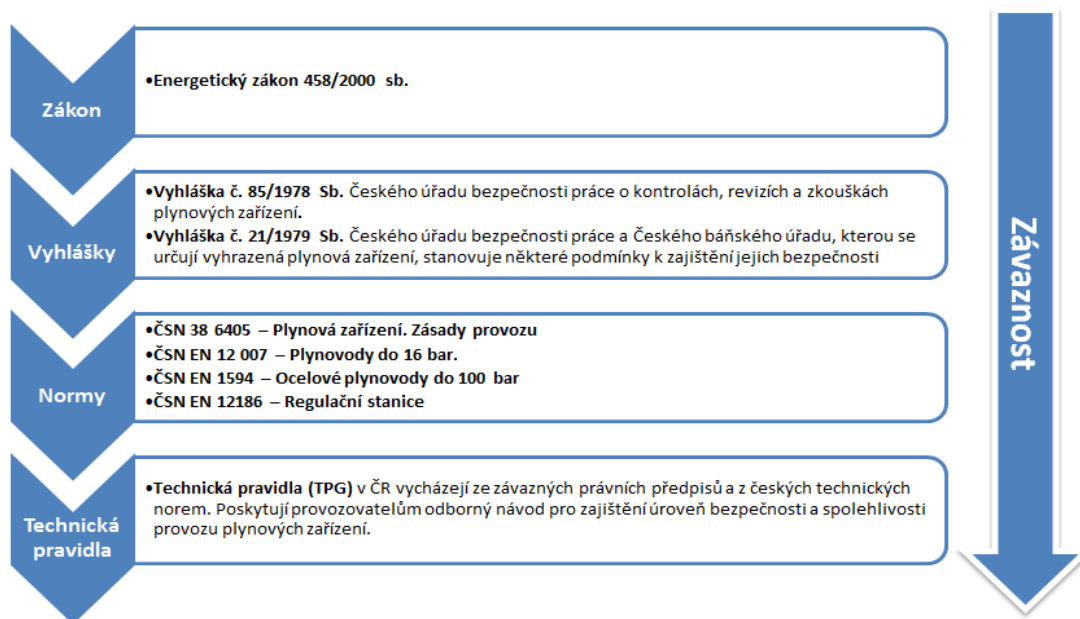
Provozování plynárenských zařízení v České republice je ovlivněno rozsáhlou legislativou. Legislativa do značné míry ovlivňuje intervaly provádění údržbářských činností. Ukládá provozovatelům povinné zajištění bezpečného, spolehlivého a hospodárneho provozu, údržby, obnovy a rozvoje plynárenského zařízení. Provozovatel musí dbát na to, aby provozem daného plynárenského zařízení nedošlo k ohrožení života, zdraví osob, majetku nebo životního prostředí. Stěžejní legislativou upravující provoz a údržbu plynárenských zařízení v České republice jsou Energetický zákon 458/2000 sb., a vyhlášky č. 85/1978 Sb., č. 21/1979 Sb. a vyhlášku Českého báňského úřadu (ČBÚ) č.392/2003 Sb., která upravuje vyhrazená technická zařízení – plynová a tlaková na podzemních zásobnících. Na obr. 9 je zachycen legislativní rámec ČR a závaznost jednotlivých předpisů pro provozovatele plynárenských zařízení. [61]

¹⁴ Mezi nejvýznamnější držitele licence patří společnosti RWE GasNet, s.r.o., VČP Net, s.r.o., SMP Net, s.r.o. a JMP Net, s.r.o. patříci společnosti RWE, společnost E. ON Distribuce, patříci společnosti EON, a.s. a Pražská plynárenská Distribuce, a.s. patříci do koncernu Pražská plynárenská, a.s.

¹⁵ <http://www.zemnipllyn.cz/doprava/>

¹⁶ Dalším provozovatelem je společnost Moravské naftové doly, a.s., která provozuje podzemní zásobník plynu Uhřice. Poslední společnost, která provozuje podzemní zásobník Dolní Bojanovice je společnost SPP Bohemia a.s. a tento zásobník je propojen VTL plynovodem jen do Slovenské republiky.

¹⁷ Energetický regulační úřad (ERÚ) je státním orgánem, který v odvětvích energetiky, plynárenství a teplárenství mimo jiných práv a povinností vykonává dozor nad dodržováním energetického zákona č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a povinností stanovených zákonem o ochraně spotřebitele v elektroenergetice a plynárenství ve znění pozdějších předpisů.



Obr. 9 Legislativní rámec pro provoz a údržbu plynárenských zařízení v ČR

Nejvýznamnější vyhláškou, která ovlivňuje lhůty pro inspekční činnosti a údržbu je vyhláška č. 85/1978 Sb., ta stanovuje kontrolu plynárenských zařízení minimálně jednou za rok. Dále stanovuje vypracování harmonogramu revizí nejméně na tříleté období. Navazujícím dokumentem na tuto vyhlášku je norma ČSN 38 6405 – Plynová zařízení. Zásady provozu, která určuje provádění provozních revizí nejméně jednou za tři roky a provedení kontroly nejméně jednou za rok. [61]

Vyhláška č. 85/1978 Sb. tak ČSN 38 6405 byly vydány v době, kdy nebyly nástroje a technologie pro provádění údržby na takové úrovni jako dnes a nezohledňují kvalitativní posun v materiálech a technologiích používaných v současné době při výstavbě, provozu a údržbě plynárenských zařízení.

Pro provoz a údržbu v ČR jsou stěžejní dokumentací zejména technická pravidla (TPG), které využívají všechny společnosti provozující plynárenská a plynová zařízení na území ČR. Tvůrcem technických pravidel v ČR je Český plynárenský svaz. Technická pravidla navazují na závazné právní předpisy, na soustavu českých technických norem a doplňují oblasti, které nejsou českými technickými normami řešeny nebo jsou řešeny v obecné rovině. [61]

Na obr. 10 jsou shrnuta základní technická pravidla, kterými se řídí provozovatelé plynárenských zařízení v ČR.

<p>TPG 700 02 – Stanovení technického stavu nízkotlakých a středotlakých plynovodních sítí z oceli - diagnostické metody</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tato technická pravidla obsahují soubor odborných způsobilostí k činnostem spojených s výkonem licencovaných činností přepravní a distribučních společností a provozovatele podzemních zásobníků plynu. Pravidla stanovují základní požadavky k zajištění bezpečného a spolehlivého provozu PZ. Pravidla dále zpracovávají problematiku lhůt provádění inspekce a provozních revizí.
<p>TPG 702 01 – Plynovody a přípojky z polyetylenu</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tato technická pravidla stanovují podmínky pro projektování, zemní práce, montáž a zkoušení plynovodů a plynovodních přípojek z polyetylenu pro rozvod zemního plynu, bioplynu, generátorového plynu, plynné fáze propanu a směsí propan – vzduch s provozním tlakem do 0,4 MPa včetně uložených v zemi, jejichž výstavba je prováděna výkopovými i bezvýkopovými technologiemi.
<p>TPG 702 04 – Plynovody a přípojky z oceli s nejvyšším provozním tlakem do 100 barů včetně</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tato technická pravidla stanovují podrobnější požadavky pro navrhování, stavbu, zkoušení a provoz plynárenských zařízení - plynovodů a plynovodních přípojek z oceli s nejvyšším provozním tlakem - přetlakem do 100 barů včetně. Pravidla se využívají i pro provádění stresstestů na vysokotlakých plynovodech podskupiny B1 a B2 z důvodu dosažení jejich maximální bezpečnosti a spolehlivosti.
<p>TPG 704 01 – Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tato technická pravidla vycházejí z ustanovení ČSN EN 1775:2008 (38 6441) Zásobování plynem – Plynovody v budovách – Nejvyšší provozní tlak do 5 bar včetně – provozní požadavky- stanovují podrobnější úpravu pro oblast navrhování, stavbu, rekonstrukci, zkoušení, uvádění do provozu, provoz, opravy a údržbu odběrných plynových zařízení včetně spotřebičů na plynná paliva v budovách.
<p>TPG 905 01 – Základní požadavky na bezpečnost provozu plynárenských zařízení</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tato technická pravidla obsahují soubor základních požadavků na ochranu života a zdraví zaměstnanců ve vazbě na zajištění bezpečného a spolehlivého provozu plynárenských zařízení - plynovodů a přípojek s přetlakem do 100 barů včetně, regulačních a kompresních stanic, hraničních a vnitrostátních předávacích stanic, ochrany proti korozi a odorizace plynu a podzemních zásobníků. Pravidla stanovují základní požadavky na organizaci činností pohotovostní služby.
<p>TPG 913 01 – Kontrola těsnosti a činnosti spojené s problematikou úniků plynu na plynovodech a plynovodních přípojkách</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tato technická pravidla vymezují podmínky pro provádění kontrol těsnosti a řešení úniku zemního plynu na plynovodech, plynovodních přípojkách a měřicím zařízeních distribuční soustavy. Pravidla stanovují metodiku, nejzazší lhůty úkonů a základní technické požadavky na použitou přístrojovou techniku. Dále stanovují metodiku pro lokalizaci úniků plynu a jejich klasifikaci podle míry nebezpečnosti a určují základní opatření ke snížení nebo odstranění nebezpečí.
<p>TPG 918 01 – Odorizace zemního plynu</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pravidla stanovují podmínky pro odorizaci zemního plynu dodávaného konečným
<p>TPG 920 22 – Protikoroziní ochrana v zemi uložených ocelových plynových zařízení</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tato technická pravidla platí pro provoz a údržbu zařízení aktivní ochrany ocelových plynovodů a přípojek, které jsou uloženy v zemi a opatřeny izolačními systémy.

Obr. 10 Technická pravidla pro provoz a údržbu plynárenských zařízení v ČR

2.2.1.2. Plynárenství v Německu

Německo je 6. největší spotřebitel zemního plynu na světě a druhý v Evropě. Spotřeba zemního plynu představuje 21,9% z celkové spotřeby energie, 16% je zabezpečeno z národních zásob. Celkové zásoby jsou 162 mld. m³. Hlavními dovozci zemního plynu jsou Rusko (38%), Norsko (37%), Nizozemsko (20%) Německo je díky své geografické poloze jednou z hlavních tranzitních zemí pro zemní plyn v Evropě. Německo se nachází na 4. místě ve světovém žebříčku dle objemu zásobníků plynu a to hned po USA, Rusku a Ukrajině. Nachází se zde 46 682 km přepravního potrubí a 452 716 km lokálních distribučních potrubí. Vysoká důležitost Německa jako tranzitní země se projeví zejména po dostavbě nového plynovodu. The North Stream z Ruska přes Baltické moře do Greifswald v Německu. Mezi nejvýznamnější přepravní a distribuční společnosti patří například E. ON Ruhrgas, Wingas, Shell Deutschland, ExxonMobil, Verbundnetz Gas (VNG), RWE and Bayerngas. [8]; [9]; [10]

Plynárenství v Německu patří mezi regulované odvětví. Zákony a vyhlášky nařizují provozovatelům PZ zajistit bezpečnost lidí a životního prostředí. Nařízení se odkazuje na technická pravidla DVGW.

Plánování, konstrukce, provoz a údržba sítí dodávek plynu se provádí v souladu s právními předpisy a to zejména s nařízením pro vysokotlaké plynovody (GasHDrLtgV) a příslušných technických pravidel DVGW¹⁸.

2.2.1.3. Plynárenství ve Velké Británii

Velká Británie je v současnosti patnáctým největším producentem zemního plynu na světě a třetím největším producentem zemního plynu. Ke konci roku 2009 činily prokázané zásoby zemního plynu ve Velké Británii 256 miliard m³. Většina zásob se nachází v oblasti Severního moře. V roce 2009 vyvážela VB zemní plyn především do Belgie (62 GWh), Irska (včetně exportu na ostrov Man, 54.355 GWh), Nizozemska (13.094 GWh) a Norska (276 GWh). Nadzemní zásobníky VB disponují velikostí zásob na 1,5 dne. Důvodem jsou vysoké kapacity vlastních zdrojů. Mezi nejvýznamnější tranzitní společnost patří společnost National Grid. Významnými distribučními společnostmi jsou National Grid, Gas Networks, Northern Gas Network a Utility Gas Wales. [9]; [11]

2.2.1.4. Plynárenství v Nizozemsku

Nizozemsko je díky svým zásobám zemního plynu významným evropským dodavatelem. Zásoby zemního plynu jsou odhadovány na 1 416 mld. m³. Země je 6 největším světovým exportérem

¹⁸ DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches

zemního plynu. Přepavní síť je propojena s Německem a Belgií a přes podmořské potrubí s Velkou Británií (Bacton-Balgzand Line). Nizozemská plynárenská síť se skládá z 11 500 km potrubí, 52 vstupních míst (35 holandských nalezišť zemního plynu, 17 hraničních předávacích stanic), 1 100 vnitrostátních předávacích stanic a 9 kompresních stanic. Mezi nejvýznamnější provozovatele plynárenských zařízení patří například společnosti GasTransport services a ZEBRA Gasnetwork B. [8];[12]

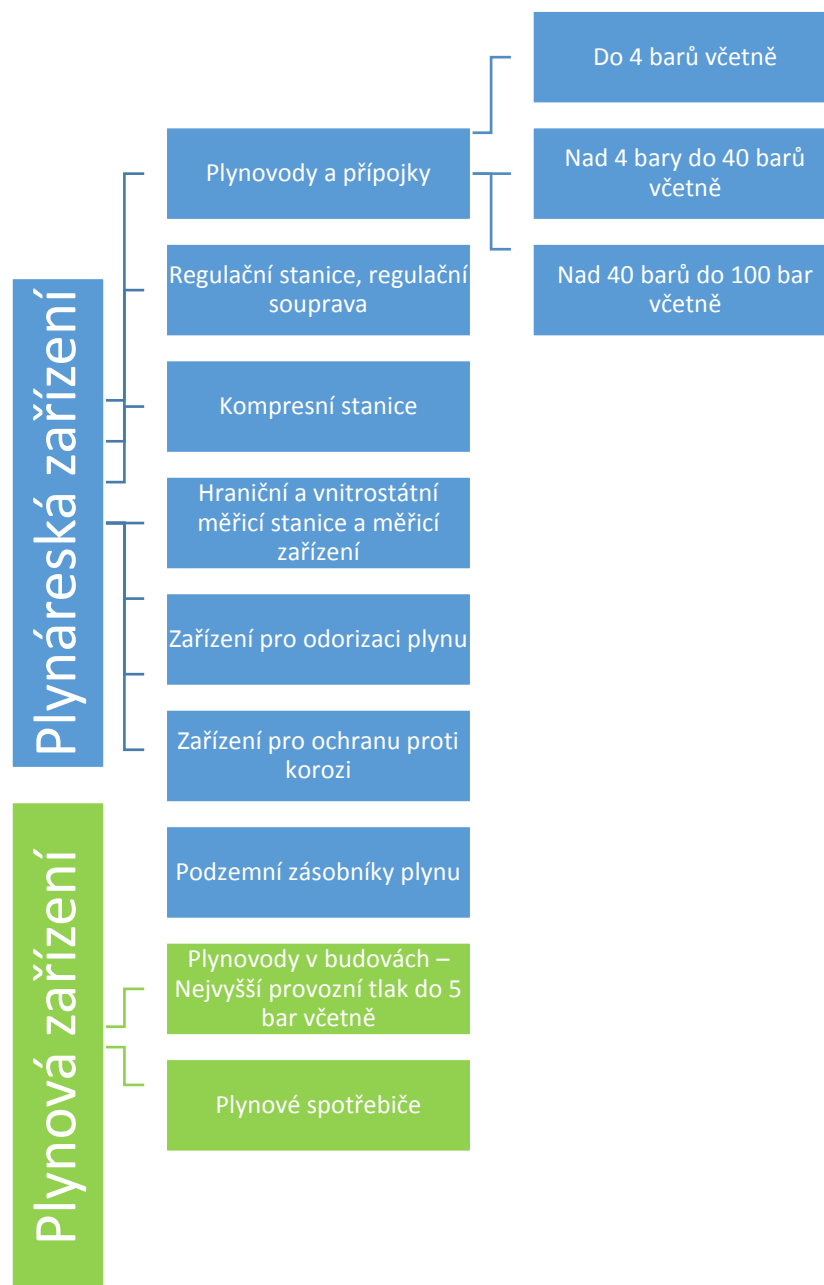
2.2.1.5. Plynárenství v Maďarsku

Zemní plyn představuje pro Maďarsko téměř polovinu (43,6) její spotřeby energie. Předpoklad je, že v roce 2020 bude zemní plyn v Maďarsku jako nadpoloviční zdroj veškeré energie. Domácí produkce zemního plynu pokryla 19,3% domácí spotřeby zemního plynu v roce 2005. V Maďarsku jsou dva producenti zemního plynu. Většinovým producentem je společnost MOL (90%) a menšinovým společnost Winstar (10%). Veškerý importovaný plyn je z Ruska (v roce 2005 – 12,7 mld. m³). Zhruba 15% z tohoto objemu je v režii společností Gaz de France, Ruhrgas a EMFESZ. Spotřeba importovaného plynu tvoří 80% celkové domácí spotřeby zemního plynu. K plynovodním sítím je v Maďarsku připojeno přes 80% domácností, což zapříčiňuje velké výkyvy spotřeby mezi letním (15 mld.m³/den) a zimním obdobím (75 ml.m³/den). Mezinárodní napojení plynovodů má Maďarsko s Ukrajinou, Rakouskem a Srbskem. Plynovod z Ukrajiny slouží jako hlavní importní trasa. Plynovod z Rakouska má především vyrovnávací funkci. Plynovod do Srbska slouží jako transportní trasa pro další země Balkánského poloostrova.¹⁹ Mezi nejvýznamnější přepravní a distribuční společnosti patří Alpiq Csepeli Eromu kft., E. ON Dél-dunántuli Gázhalozási Zrt, E. ON Kozép-dunántuli Gázhalozási Zrt., Égáz – Dégáz Foldgazelosztó Zrt. A FOGÁZ Zrt./ FOGÁZ Foldgazelosztási Kft. [8];[12]

2.3. Plynárenská a plynová zařízení

Plynárenským zařízením je pro potřeby disertační práce rozuměno zařízení pro rozvod plynů s nízkým, středním a vysokým tlakem, kompresní a regulační stanice s vysokým a velmi vysokým tlakem. Plynárenská zařízení v České republice jsou dělena do devíti skupin (viz obr. 11):

¹⁹ Energy Policies of IEA Countries – Hungary 2006



Obr. 11 Skupiny plynárenských a plynových zařízení²⁰

2.3.1. Plynovody a přípojky

Plynovodem se rozumí zařízení pro přepravu plynu. Plynovody se dělí podle způsobu svého využití. Dělí se na plynovody pro veřejné zásobování (plynárenská zařízení). Dále na plynovody

²⁰ Z důvodu rozsahu disertační práce se práce zaměřuje pouze na kategorii plynárenská zařízení.

neveřejné, tj. plynovody průmyslové a domovní (plynová odběrná zařízení) a poslední skupinou jsou plynovody související s těžbou (degazační sběrné a těžební).

Plynovody pro veřejné zásobování – Jsou zařízení, která slouží k potrubní dopravě plynu a to buď přepravní, nebo distribuční soustavou. Dále do této skupiny patří také těžební plynovody. K plynovodu jsou připojeny plynovodní přípojky. Soustavou potrubí rozumíme plynovody se vším příslušenstvím a stanicemi až k místu kde dochází k předávání plynu (předávací stanice). Plynovody jsou uloženy převážně v zemi, ale obsahují i nadzemní části.

Plynovody dále dělíme podle tlakových hladin a to na:

- ***Plynovody nízkotlaké*** - Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně. Jsou to plynovody distribuční soustavy (místní sítě);
- ***Plynovody středotlaké*** - Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně. Jsou to plynovody distribuční soustavy;
- ***Plynovody vysokotlaké*** - Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně. Jsou to plynovody distribuční a přepravní soustavy;

2.3.2. Regulační stanice, regulační souprava

Regulační stanice (RS), regulační souprava (RESO) jsou souborem zařízení a vybavení, která zajišťují spolehlivou dodávku regulovaného tlaku plynu. Regulační stanice (viz obr. 12) obstarává automatickou regulaci vstupního přetlaku plynu na nižší výstupní přetlak v souladu s předem nastavenými hodnotami, včetně stavební části. [33]



Obr. 12 Regulační stanice [39]

2.3.3. Kompresní stanice

Kompresní stanice je zařízení, které slouží ke stlačování plynů (vzduchu, zemního plynu) na požadovaný výstupní přetlak. Může sloužit jak k přepravě plynu potrubím, tak ke vtláčení plynu z plynovodu do zásobníku plynu a při poklesu tlaku v zásobníku k vtláčení plynu ze zásobníku do plynovodu. [42]; [58]

2.3.4. Hraniční a vnitrostátní měřicí stanice a měřicí zařízení

Měřicí stanice je zařízení pro obchodní měření plynu dělí se na hraniční měřicí stanice, kde dochází k měření objemu plynu, který vstupuje nebo vystupuje z území daného státu. Vnitrostátní měřicí stanice měří objem plynu mezi plynárenskými zařízeními v rámci plynárenské soustavy daného státu. [42]

2.3.5. Zařízení pro odorizaci plynu

Zařízení pro odorizaci plynu jsou součástí (příslušenstvím) plynárenských zařízení pro rozvod zemního plynu (plynovodů, plynovodních přípojek a technologických objektů) s nimi souvisejících například regulační stanice. Odorizační zařízení může být umístěováno samostatně nebo například jako součást regulační nebo předávací stanice. [54]

2.3.6. Zařízení pro ochranu proti korozi

Zařízením pro ochranu proti korozi se rozumí stanice katodické ochrany (SKAO). Jedná se o zařízení pro katodickou ochranu ocelových potrubí. To se skládá ze zdroje jednosměrného napětí, který je umístěn v objektu a dále pak z rozvodu stejnosměrného proudu a uzemňovací anody. Na obr. 13 je ukázka stanice katodické ochrany. [42]; [56]



Obr. 13 Stanice katodické ochrany [42]

2.3.7. Podzemní zásobníky plynu

Zásobník plynu je plynové zařízení, které slouží k uskladňování plynu. Podzemní zásobníky plynu (PZP) jsou umístovány jak do uměle vybudovaných nebo přírodních podzemních prostorů. Často jsou pro podzemní zásobníky využívány vytěžené doly. Plyn je část roku do PZP vtlačován, aby se v případě potřeby mohl opět vytěžit zpět a pustit do plynovodní sítě.

2.3.8. Plynová zařízení

Plynová neboli odběrná plynová zařízení (OPZ) jsou všechna zařízení, která začínají hlavním uzávěrem plynu (HUP) včetně zařízení pro konečné využití plynu. Není jim měřicí zařízení.²¹ Měřicí zařízení plynoměr je majetkem provozovatele distribuční soustavy, který má za povinnost vybavit tímto zařízením všechny zákazníky. OPZ je vždy majetkem zákazníka (odběratelem plynu). Ten nesmí provádět jakékoliv zásahy do měřicího zařízení bez souhlasu provozovatele distribuční soustavy.

2.4. Údržba v plynárenství

Pojem údržba ve vztahu k plynárenských a plynových zařízení je nezbytné chápat v širším významu. Oproti údržbě zařízení ve strojírenském podniku se pod pojmem údržba skrývají inspekční, kontrolní a údržbové činnosti. Jsou jimi zejména²²:

- **Inspekce** – souhrn kontrolních činností zaměřených na zjištění, zda stav zařízení odpovídá předpisům k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a provozně bezpečnostním požadavkům.
- **Údržba** – souhrn pravidelných činností na zařízení a jeho příslušenství směřujících k udržení stavu, bez výměn částí zařízení nebo jeho příslušenství mající charakter porušení celistvosti. Údržba je prováděna v převážné míře na základě zjištění z inspekci.
- **Provozní revize** – provozní revizí se rozumí celkové posouzení zařízení, při kterém se prohlídkou, vyzkoušením, popřípadě i měřením zjišťuje provozní bezpečnost a spolehlivost zařízení nebo jeho částí a posoudí se i technická dokumentace a odborná způsobilost obsluhy.²³
- **Oprava** - zásah do zařízení, kterým je odstraňován zejména jeho poruchový stav.

²¹ Dle Energetického zákona 458/2000 sb.

²² TPG 905 01 - Část 1

²³ Vyhláška č. 85/1978 Sb.

Z důvodu rozsahu disertační práce je tato kapitola věnovaná pouze údržbě prováděné na plynovodech různých tlakových hladin. Níže jsou popsány základní inspekční činnosti, se kterými se můžeme na plynovodech setkat. Uvedené inspekční činnosti jsou výchozími činnostmi pro návrh metodiky hodnocení technického stavu zařízení, kterému je věnovaná praktická část disertační práce. Tyto inspekční činnosti jsou definovány technickými pravidly GAS a jedná se o pravidla TPG 905 01 a TPG 201 01 (viz tab. 1).

Tab. 1 Přehled inspekčních činností dle TPG 905 01 a TPG 201 01

PLYNÁRENSKÁ ZARÍZENÍ	INSPEKČNÍ ČINNOSTI			
	KONTROLA TRASY	KONTROLA TĚSNOSTI	KONTROLA ODORIZACE	VNITŘNÍ INSPEKCE
Plynovody a přípojky přetlakem do 4 barů včetně	n/a	n/a	x	n/a
Plynovody a přípojky přetlakem nad 4 bary do 40 bar včetně	x	x	n/a	n/a
Plynovody a přípojky přetlakem nad 40 bar do 100 bar včetně	x	x	n/a	x

2.4.1. Komplexní kontrola plynovodu

Komplexní kontrola plynovodu se dle TPG 905 01 sestává z celkové kontroly plynovodu pochůzkou a obsahuje:

- zjištění změn vegetace způsobené případným únikem plynu;
- kontrolu dodržení ochranných a bezpečnostních pásem;
- kontrolu napojení plynovodní přípojky na hlavní uzávěr plynu (HUP), ověření těsnosti tohoto spojení, stav přípojky v místě prostupu do objektu z hlediska jeho utěsnění, napadení korozi a mechanického poškození;
- kontrolu zavodnění odvodňovače, ověření těsnosti detekčním přístrojem;
- kontrolu číchačky²⁴, ověření přítomnosti plynu detekčním přístrojem;
- kontrolu přístupnosti a možnosti otevření poklopů na trase;
- kontrolu označení plynovodů (orientační tabulky, sloupky);
- kontrolu plynovodů v kolektorových vedeních;
- ověření ovladatelnosti trasových uzávěrů;
- kontrolu kompenzátorů;

²⁴ Číchačka – zařízení ke zjišťování úniku plynu z potrubí, používané zpravidla při jeho uložení v chrániče.

- kontrolu přechodů vodních toků;
- porovnání dokumentace plynovodu s jeho skutečným stavem.[52]

2.4.2. Kontrola těsnosti

Kontrola těsnosti jedna ze základních inspekčních činností, která je na plynovodech a přípojkách prováděna. Provádí se následujícími způsoby:

- **Kontrolou bez použití přístrojů** – tuto kontrolu je možné provádět zrakem, sluchem a čichem. Netěsnosti na plynovodech se projevují:
- **Kontrolou změn vegetace** - Přítomnost plynu v půdě se na rostlinách projevuje různými změnami. V místě úniku plynu dochází k různému poškození vegetace.
- **Kontrolou tvoření bublinek ve vodě a v mokré půdě** – Setkáváme se s nimi zejména u vysokotlakých plynovodů, které jsou pod vodou nebo v mokré půdě. V místě netěsnosti plynovodu se objevují bublinky.
- **Kontrolou syčení unikajícího plynu** - U středotlakých a zejména vysokotlakých plynovodů se projevuje únik syčením. Podle intenzity hlučnosti úniku lze posoudit velikost úniku a jeho vliv na bezpečnost okolí.
- **Kontrolou zápachu odorizovaného plynu** – zápach odorizovaného plynu může být pohlcován zeminou, čichem bývají kontrolována přítomnost plynu v šachtách nebo v okolí nadzemních armatur.
- **Kontrolou pění pěnotvorného roztoku.**
- **Kontrolou zvířeného prachu** – v místě úniku plynu se objevuje sloupec ve tvaru obráceného kužele.
- **Kontrolou zbarvení sněhu a povrchovými změnami zeminy.**
- **Kontrolou s použitím přístrojů – pochůzkou** - Ke kontrole těsnosti pomocí přístrojové techniky se využívají přístroje podle vyžadovaného druhu měření a druhu rozváděného plynu. Jsou využívány přístroje, které umožňují zjištění přítomnosti oxidu uhličitého (CO₂). Důvodem je možné ovlivnění naměřených koncentrací zemního plynu oxidem uhličitým (CO₂). [53]

Klasifikace, odstranění a kontrola podzemních úniků plynu

V případě, že se identifikuje podzemní úniku plynu, dochází k nápravným opatřením, která se odvíjejí od klasifikace úniku. Klasifikace a následné odstranění úniku je uvedeno v tab. 2.

Tab. 2 Klasifikace, odstranění a kontrola podzemních úniků plynu dle TPG 913 01

TŘÍDA ÚNIKU	MÍSTO ZJIŠTĚNÍ PLYNU	LHŮTA PRO ODSTRANĚNÍ	KONTROLA ÚNIKU PLYNU
A I	Duté prostory nebo koncentrace plynu ve vzduchu měřená 0,1 metru nad povrchem terénu je vyšší než 50% DMV	Neprodloužit provést opatření k odstranění nebo snížení nebezpečnosti úniku podle 5.3.5	Trvale do provedení opravy
A II	Ve vzdálenosti do 1 m včetně od dutých prostorů	Únik odstranit do 7 dnů	Denně do provedení opatření
B	Ve vzdálenosti větší než 1 m do 4 m včetně od dutých prostorů	Únik odstranit do 6 měsíců *)	Lhůty stanový provozovatel PZ **)
C	Ve vzdálenosti větší než 4 m, kdy není nebezpečí vniknutí do dutých prostor	Únik odstranit do 12 měsíců	Lhůty stanový provozovatel PZ **)
	Únik je lokalizován mimo sídla	Stanový provozovatel PZ	Lhůty stanový provozovatel PZ **)

*) O zkrácení lhůty pro odstranění úniku plynu třídy B rozhodne provozovatel PZ dle charakteru povrchu nad místem úniku plynu a ve vzdálenosti tohoto místa od dutého prostoru.

**) O lhůtě kontroly úniku plynu třídy B a C rozhodne provozovatel PZ dle charakteru povrchu nad místem úniku plynu, vzdálenosti tohoto místa od dutého prostoru a tlakové hladiny tak, aby nedošlo k situaci, která má za následek ohrožení života, zdraví a majetku.

2.4.3. Kontrola trasy

Kontrolou trasy se rozumí inspekční činnost, u které se kontrolují ochranná a bezpečnostní pásma plynovodu. Tato kontrola se provádí u plynovodů vyšších tlakových hladin. V těchto pásmech nesmí být prováděny nepovolené stavby. Při kontrole trasy je prováděna kontrola stavu vegetace, kontrola stavu plynovodu vedeného nad zemí, kontrola orientačních sloupků, oplocení objektů, které jsou součástí plynovodu nebo kontrolu mostních přechodů. Kontrola trasy může být prováděna pochůzkou, dopravním prostředkem nebo letecky. [52]

2.4.4. Kontrola odorizace zemního plynu

Pod pojmem odorizace zemního plynu rozumíme zajištění výstražného zápachu zemního plynu přidáním odorantu²⁵. Při odorizaci zemního plynu nedochází ke změně jeho základních vlastností, kromě zápachu se plyn výrazně nemění. Výše odorantu nesmí ovlivňovat vlastnosti, jako jsou toxicita, agresivita vůči materiálům jednotlivých součástí plynových zařízení, spalovací a korozivní vlastnosti. Základní požadavky jsou definovány normou ČSN EN ISO 13734. Základním cílem odorizace zemního plynu je zajistit takový provozní stav, aby zemní plyn v každém místě místní sítě trvale vykazoval varovný stupeň úrovně odorizace. Odorizační zařízení jsou součástí PZ pro rozvod zemního plynu, tj. plynovodů, plynovodních přípojek a technologických objektů (např. regulační stanice). Míra odorizace se ověřuje například kontrolou koncentrace odorantu.

Kontrola koncentrace odorantu se provádí v místech vstupu odorantu do rozvodného systému, a to například porovnáním objemu protékajícího zemního plynu a množství přidávaného odorantu, dále stanovením množství odorantu ve vzorku plynu chemickým rozbořem nebo analyzátořem; popřípadě kontinuálním měřením koncentrace odorantu. Další metodou je kontrola v předem určených místech distribuční soustavy (kontrolní body), a to stanovením koncentrace odorantu analyzátořem. [54]

Kontrola nárazovou odorizací

Kontrola nárazovou odorizací je způsob odorizace, který se používá zejména pro kontrolu těsnosti. Kontrola se v praxi provádí dvojnásobkem běžné koncentrace odorantu nejméně po dobu 48 hodin. [54]

2.4.5. Proměřování tlakových poměrů

Proměřování tlakových poměrů v plynovodním potrubí je využíváno pro posuzování kapacity sítě. Na základě výsledků měření jsou zpracovány návrhy na optimalizaci kapacity sítě v konkrétní lokalitě. Vhodnými optimalizačními opatřeními jsou například rekonstrukce plynovodu, nahrazení plynovodu plynovodem větší dimenze (s větší distribuční kapacitou) nebo změna tlakové hladiny z NTL na STL, doplnění posilovacích regulátorů atd. Poměry jsou proměřovány v období nejvyšších odběrů (v topné sezóně) při poklesu venkovních teplot v koncových bodech sítě, v plynovodech menších dimenzí vzdálených od RS nebo v místech, kde je předpoklad poklesů tlaku z jiných důvodů. Měření se provádí v místech, kde není kolísání tlaku bezprostředně ovlivňováno přímou spotřebou. Měřicí místa, jejich počet a způsob měření v praxi

²⁵ **Odorant** – intenzivně zapáchající organická sloučenina nebo směs takovýchto sloučenin, přidávaná v malém množství do zemního plynu, jejíž charakteristický a výrazný varovný zápach umožňuje zjištění úniku plynu při koncentracích pod jeho dolní mezí výbušnosti. Jako odoranty se používají sirmé a bezsirmé sloučeniny.

určuje majitel nebo provozovatel PZ na základě svých zkušeností a vyhodnocení provozní situace. [52]

2.4.6. Kontrola ochrany proti korozi

Ocelové potrubí a další součásti plynovodu musí být chráněny proti korozi v souladu s platnými normami²⁶. Nadzemní části plynovodů se také opatřují vhodnou ochranou proti korozi. Protikorozní ochrana se používá tam kde je u kovových úložných zařízení potřeba aplikovat pasivní ochranu (tj. zejména izolace), která je základním prvkem ochrany, dále aktivní ochranu (katodická ochrana) a na nadzemních částech zajistit ochranu kovových konstrukcí před atmosférickou korozi.

Protikorozní ochrana vnitřního povrchu zařízení je v případě potřeby zajišťována pomocí inhibitorů na základě hodnocení agresivity prostředí. Systém ochrany plynovodního potrubí proti korozi musí být řešen již ve fázi projektování potrubí. Musí být stanoveny požadavky na pasivní ochranu a systém katodické ochrany v souladu s výsledky korozního průzkumu. Již při volbě trasy plynovodu musí být vzaty v úvahu půdně korozní charakteristiky v jednotlivých lokalitách, oblasti s výskytem bludných proudů a lokality s nebezpečím výskytu mikrobiální koroze. [51]

2.4.7. Vnitřní inspekce

Vnitřní inspekce je metoda zjišťování úbytků materiálu stěny potrubí, která je založená na principu měření rozptylu toku magnetického pole uzavírajícího se přes stěnu potrubí. Měření se provádí tzv. inspekčním pístem (tzv. ježek), který se pohybuje plynovodem za provozu, rychlostí cca 2,5 m/s. Je využívána na vysokotlakých plynovodech. [51]

2.4.8. Závady a poruchy na plynovodech a přípojkách

Závady a poruchy, které vznikají na plynovodech a přípojkách, můžeme dělit do tří kategorií. První kategorií jsou poruchy a závady, které vznikají zaviněním třetí strany. Jsou způsobeny zásahem třetí strany a to buď záměrně, nebo z nedbalosti. Poškození třetí stranou má v současné době vzrůstající tendenci. K poškození stěny potrubí dochází nejčastěji při výkopech inženýrské sítě. Podle informací provozovatelů distribučních soustav představuje počet těchto poškození stovky incidentů za měsíc.

Druhou kategorií jsou závady a poruchy, které jsou způsobené vyšší mocí. Může se jednat například o sesuvy půdy, povodně, bouře, atd.

²⁶ Ochrana proti korozi je ošetřena normami např. ČSN 03 8350, ČSN EN 12954, ČSN 03 8370, ČSN 03 8375, ČSN 03 8376 a TPG 920 21.

Třetí kategorie poruch a závad bývá způsobená životním cyklem plynovodu. To znamená, že poruchy a závady jsou způsobené délkou jeho provozování. Mezi vlivy které četnost těchto závad ovlivňují, patří například materiál, ze kterého byl postaven; kvalita izolace, technologie pokládky. [20]

Defekty plynovodního potrubí

Plynárenská zařízení jsou vystavena velmi náročným provozním podmínkám, se kterými je spojen vznik mnoha typů defektů, které mají vliv na bezpečný provoz a spolehlivost zařízení a je možné je rozdělit do různých kategorií. [21]

Výrobní defekty

První skupinou popisovaných defektů jsou defekty, které vznikají v souvislosti s výrobou potrubí. U plynovodů se setkáváme s poměrně složitou technologií výroby, protože potrubí velkého průměru se musí vyrábět svařováním. Svary, které vznikají, jsou dlouhé a mohou přinášet celou řadu geometrických a strukturních defektů, které mají vliv na spolehlivost plynovodů.

- 1) **Geometrické defekty** – mezi geometrické defekty řadíme například změny kruhovitosti, geometrie tvaru trubek a změny, které mají charakter trvalé deformace.
- 2) **Lokální vady** – trhliny vyvolané jak vysokými teplotami - zejména svařování; tak při chlazení materiálu. Trhliny musí být sledovány defektoskopicky.
- 3) **Materiálové vady** – jedná se o vady, které vznikají na povrchové vrstvě trubek, je nejslabším místem (nejhorší struktura, nejnižší mez kluzu, prnutí, aj.).

Defekty způsobené vlastním provozem

Mezi defekty způsobené vlastním provozem patří lokální přetížení trubek při deformaci terénu a to při pohybu zemin. Dále působení korozního prostředí porušením izolace. Významný provozním defektem je lokální korozní proces a to zejména důlková koroze a ostré trhliny vyvolané korozí pod napětím. Doporučuje se sledovat kvalitu izolací, katodickou ochranu apod. Mezi další významné druhy poškození během provozů plynovodů patří:

- plošná a bodová koroze;
- provozní zásahy do potrubí vyžadující provizorní opatření;
- vnější poškození stěny potrubí třetí stranou;
- koroze pod napětím.

U vysokotlakých plynovodů činí účinky koroze významný podíl na výskytu poruch. V dlouhodobém horizontu to činí asi 15 – 17% z celkového počtu poruch. Korozní poškození

vzniká zejména na vnějším povrchu potrubí v místech s poškozenou izolací. Vzniká častokrát v důsledku nedostatečné pasivní a aktivní protikorozi ochrany.²⁷ [21]; [22]

2.4.9. Hodnocení technického stavu ocelových plynovodů

Díky využívání přesných technologií výroby, vysokému stupni výrobní kontroly a častým inspekčním činnostem je výskyt defektů na nových plynovodech minimální. S rostoucími průměry potrubí a jejich provozními tlaky, hustotou osídlení však roste riziko při haváriích pro jejich okolí.

Metody kontroly potrubí plynovodu během provozu se datují do 50 let 20. stol. Začalo se uvažovat o kontrolách, které jsou schopny detekovat defekty, které by mohly způsobovat havárii potrubí. V té době už se v průmyslu efektivně využívala řada diagnostických metod. V plynárenství však jejich využívání komplikovaly zejména délka plynovodů a jejich uložení pod zemí. První diagnostické metody pro ocelová potrubí vycházely z toho, že nejčastějším defektem bylo jeho narušení korozi. Začaly se využívat metody hodnocení stavu technické izolace, u kterých musí dojít k odhalení plynovodu a to je poměrně nákladné. Z tohoto důvodu se začali využívat bezvýkopové metody kontroly izolace. Tato kontrola je založena na měření intenzity pole externího signálu, který je vložen na potrubí známé jako Paersonova metoda. Dále je využívána metoda měření napěťového pole, které je vytvořeno provozem katodické ochrany (CIPS, CIM, DCVG). Nevýhodou těchto metod je však fakt, že neposkytují dostatek informací o skutečném stavu plynovodu, ale pouze o jeho korozi stavu.

Jako metoda vhodná pro detekci úbytku materiálu v důsledku koroze nebo narušení vnější silou je využívána metoda rozptylu magnetického pole (MFL – Magnetic Flux Leakage). Je založena na analýze siločar. Pokud se na straně potrubí vyskytuje úbytek materiálu, část siločar vyběhne ze stěny potrubí a uzavře se vzduchem u stěny potrubí. Tato metoda je využívána u tzv. MFL inteligentních ježků. [21]; [22]; [33]; [51]; [59]

On-line Inspekce

Vývoj inteligentních ježků²⁸ začal v 60. letech 20. století ve společnosti British Gas. V roce 1970 byl použit první nástroj pro on-line inspekci. Mezi nejznámější inteligentní on-line inspekční

²⁷ Oblast PKO upravuje TPG 920 22 – *Protikorozi ochrana v zemi uložených ocelových plynových zařízení*

²⁸ On – line inspection je v České republice známá pod termínem inteligentní ježek. V USA je používán termín Smart Pig.

nástroje patří ježci, kteří využívají metody MFL, TFI (Transverse Field Inspection)²⁹, ultrazvukovou defektoskopii³⁰, nebo metodu inspekční nástroj EMAT pracující s vedenou vlnou.

Při konstrukci nově budovaných plynovodů se uvažuje i to, že na nich bude inspekční diagnostika prováděna. Přestože výsledky vnitřní inspekce poskytují kvalitní a přesné informace o defektech, které jsou spojené z úbytkem materiálu, nedávají dostatek přesných informací o ostatních defektech. Poskytují pouze data, která je potřeba dále analyzovat. Vždy je nutné výsledky doplnit o další defektoskopické kontroly, které vyhodnotí závažnost vady. [22]; [33]; [51]; [59]

2.4.10. Dílčí závěr

V oblasti managementu údržby došlo v posledních několika desítkách let k vývoji nástrojů a metodik, které umožňují systém údržby optimalizovat a zdokonalovat. Stále častěji se začíná využívat nástrojů, které jsou založené na hodnocení rizik a znalosti technického stavu zařízení. Trendem je snaha hledat optimální stav mezi dlouhodobým snižováním nákladů na údržbu a zajištěním spolehlivosti a bezpečnosti zařízení. Zkoumané přístupy ke strategii údržby představují jen určitý výběr ze známých systémů údržby a konkrétní aplikovaný přístup bude vždy záviset na charakteru zařízení a konkrétních požadavcích uživatele. V České republice je provoz a údržba ovlivněn rozsáhlou legislativou. Nejvýznamnější vyhláškou, která ovlivňuje lhůty pro inspekční činnosti a údržbu je vyhláška č. 85/1978 Sb., ta stanovuje kontrolu plynárenských zařízení minimálně jednou za rok. Dále stanovuje vypracování harmonogramu revizí nejméně na tříleté období. Vyhláška č. 85/1978 Sb. a norma ČSN 38 6405 byly vydány v době, kdy nebyly nástroje a technologie pro provádění údržby na takové úrovni jako dnes a nezohledňují tedy kvalitativní posun v materiálech a technologiích používaných v současné době při výstavbě, provozu a údržbě plynárenských zařízení. Uvedené předpisy ve stávajícím znění jsou postaveny na principu preventivní údržby s pevně stanovenými intervaly jednotlivých činností, které nerespektují technický stav daného zařízení a neumožňují aplikovat moderní přístupy v provozování a údržbě plynárenských zařízení, jako je například prediktivní údržba.

2.5. Současné pojetí procesu údržba – Závěr

Při rešerši problematiky údržby bylo zjištěno, že ve světě neexistuje jednotný pohled jak provádět údržbu plynárenských zařízení. Bylo identifikováno několik úzkých míst, pro které je možné nalézt řešení například v podobě návrhu nové metodiky údržby

²⁹ TFI (Transverse Field Inspection) která využívá příčně orientovaná magnetická pole.

³⁰ Ultrazvuková defektoskopie (UZ) – defektoskopická metoda, schopna detekovat vady pomocí ultrazvukového pulsu.

plynárenských zařízení. Prvním identifikovaným úzkým místem je způsob provádění údržby plynárenských zařízení v České republice. Zastaralá legislativa, která brání aplikovat moderní přístupy k provozování a údržbě plynárenských zařízení. Druhým identifikovaným místem je zjištění, že ve světě neexistuje obecně platná metodika pro hodnocení technického stavu plynárenských zařízení, která by umožňovala přizpůsobit intervaly inspekčních činností a kontrol dle technickému stavu plynárenských zařízení v podmínkách České republiky i zahraničí.

Na základě identifikace úzkých míst se disertační práce bude ubírat směrem návrhu metodiky údržby na základě technického stavu a provozních podmínek. Cílem je tedy navrhnout metodiku pro hodnocení technického stavu plynárenských zařízení, která by umožňovala přizpůsobit intervaly inspekčních činností a kontrol dle technickému stavu plynárenských zařízení, která bude aplikovatelná v různých podmínkách provozovatelů plynárenských zařízení.

3. Cíle práce

Na základě shromážděných poznatků literárních, praktických a výzkumných byla odvozena tato hypotéza:

- **Aktivním přístupem k údržbě strategických potrubních systémů se prodlužuje jejich životnost, zvyšuje bezpečnost a omezuje rizika a náklady při jejich provozování.**

Proto, aby bylo možné tuto hypotézu realizovat v praxi, tak byly stanoveny následující cíle disertační práce:

- **Výběr vhodného přístupu k údržbě plynárenských zařízení.**
- **Výběr a kvantifikace technických ukazatelů pro efektivní řízení údržby plynárenských zařízení se zaměřením na technický stav daného zařízení.**
- **Návrh a popis metodiky řešení procesu údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin s ohledem na změny intervalů inspekčních činností na základě technického a provozního stavu plynovodů.**
- **Návrh metodického přístupu k řešení dané problematiky.**
- **Výběr vhodných zařízení pro implementaci navržené metodiky.**

3.1. Použité vědecké metody

V průběhu tvorby disertační práce bylo využito několika vědeckých metod a přístupů. Pro oblast návrhu metodiky optimalizace procesu bylo využita řada metod, které patří k obecným vědeckým metodám. Zároveň bylo čerpáno i z metod které se vztahují k řešení dané problematiky.

Aplikace vědeckých metod, důkladná analýza řešené problematiky a inovativní myšlenky přispěly ke vzniku nově navržené metodiky. K řešení problémů bylo přistupováno pomocí heuristického přístupu, který je založený na hledání nových přístupů a metod.

Bylo využito následujících vědeckých metod:

- empirické a statistické metody;
- banchmarking;
- matematické modelování;
- mind mapa;
- abstrakce;
- systémový přístup.

3.1.1. Postup řešení dané problematiky

Na obr. 14 je zachycen postup řešení disertační práce. Postup řešení tvorby návrhu metodiky je rozdělen do několika fází.

3.1.2. Přípravná fáze návrhu metodiky

Pro pochopení problematiky provozu a údržby plynárenských zařízení ve vybraných státech v kontextu jednotlivých národních legislativ bylo nutné prostudovat legislativní předpisy, vyhlášky a technická pravidla platná v České republice a ve státech, které mají systém údržby na podobné nebo na vyšší úrovni než Česká republika. Vybranými státy byly Německo, Velká Británie, Nizozemsko a Maďarsko. Uvedené státy byly vybrány na základě doporučení Českého plynárenského svazu. Základními technickými pravidly, ze kterých se při návrhu metodiky vycházelo, byly technická pravidla a standardy:

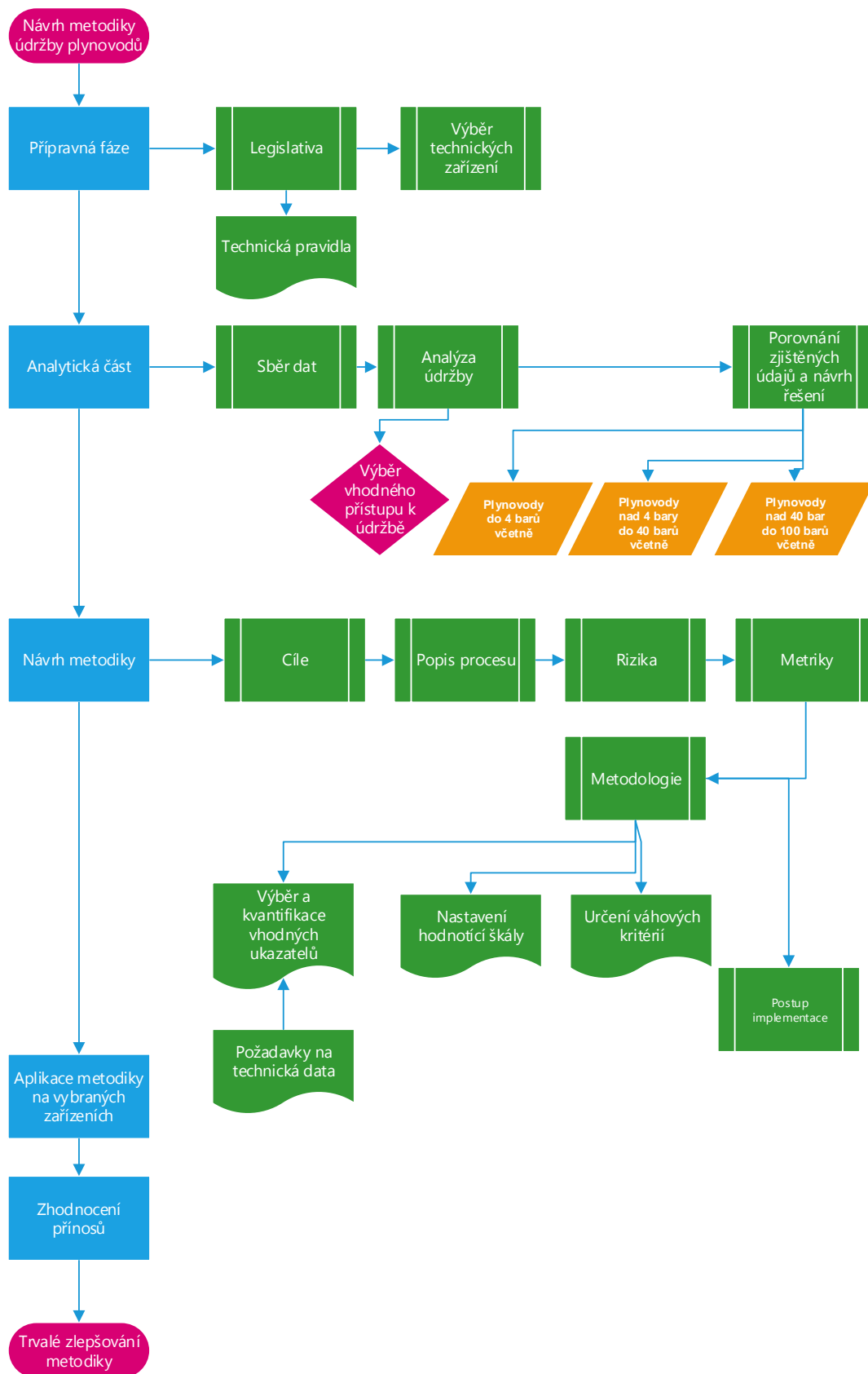
- Technická pravidla GAS – TPG - Česká republika
- Technická pravidla IGEM – Velká Británie
- Technická pravidla DVGW – Německo
- Technické standardy NEN - Nizozemsko

Následně byl vytvořen souhrn legislativních předpisů, norem a technických pravidel vztahující se přímo k problematice údržby plynárenských zařízení. Rešerše byla vytvořena za účelem vytvoření dotazníku, který byl směřován na české a zahraniční provozovatele plynárenských zařízení. Na základě dotazníků a rozhovorů s provozovateli PZ proběhl sběr dat ve vybraných zemích.

3.2.1.2 Výběr plynárenských zařízení

Z důvodu rozsahu disertační práce bylo nutné se zaměřit na užší skupinu plynárenských zařízení. Důvodem tohoto užšího výběru byl fakt, že zařízení jsou rozdělena do různých technických skupin a kombinují se zde různé přístupy k údržbě. Každá skupina plynárenských zařízení tedy potřebuje různý přístup při tvorbě metodiky. Z tohoto důvodu se tvorba a návrh výsledné metodiky zaměřuje na plynovody a přípojky, které jsou podle tlakových hladin rozděleny do tří skupin:

- Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně;
- Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně;
- Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně.



Obr. 14 Postup řešení disertační práce

3.2. Analytická část

Pro navržení optimálního procesu údržby plynárenských zařízení zohledňující jeho technický stav bylo nezbytné provést empirickou analýzu systému údržby plynárenských zařízení. Proto, aby bylo možné zjistit, jaké jsou aktuální trendy v oblasti údržby a z čeho má vycházet návrh metodiky údržby PZ, je tato část zaměřena na analýzu metod a přístupů k údržbě v České republice a ve vybraných zemích Evropské unie.

Cílem analýzy bylo pochopení problematiky provozu a údržby plynárenských zařízení v kontextu používaných metod a omezení, kterým provozovatele plynárenských zařízení čelí. Průzkum se zaměřoval na velké české a zahraniční společnosti, které jsou z hlediska provozu a údržby PZ na špičkové úrovni. Celkový počet zkoumaných plynárenských společností byl 21 z toho 11 českých a 10 zahraničních.

- **Česká republika** - NET4GAS, s.r.o., RWE Gas Net s.r.o., JMP Net s.r.o., VČP Net s.r.o., SMP Net s.r.o., Jihomoravská plynárenská a.s., RWE Distribuční služby, s.r.o., RWE Gas Storage, s.r.o., Pražská plynárenská Distribuce, a.s., člen koncernu Pražská plynárenská, a.s. a E. ON Česká republika, s.r.o., Český plynárenský svaz.
- **Velká Británie** - National Grid.
- **Německo** - RWE Deutschland AG.
- **Nizozemsko** – Gasunie, Liander, Gas Transport Services, Enexis B. V., Zebra Gasnetwork B. V, DELTA Netwerkbedrijf B.V., Intergas Energie B.V.
- **Maďarsko** - Magyar Gázipari Egyesülés (Maďarský plynárenský svaz)

Cílem průzkumu bylo zmapovat provoz a údržbu PZ s důrazem na technické a legislativní specifikace. Průzkum se zaměřil na využívané metody a způsoby údržby včetně porovnání četnosti údržbových zásahů mezi jednotlivými společnostmi. Klíčové bylo identifikovat úzká místa, která souvisí s provozem a údržbou PZ. Zvláštní pozornost byla věnována zejména progresivním přístupům zaměřeným na údržbu na základě stavu provozovaného zařízení, s důrazem na tzv. prediktivní údržbu, neboť je to nepochybně jedna z cest, která v současné době poskytuje značný potenciál pro optimalizaci stávajícího systému provozování a údržby plynárenských zařízení. **Výstupy tohoto průzkumu významně ovlivnily další řešení disertační práce a jeho výstupy lze označit za jeden z hlavních přínosů doktorské práce.**

Pro empirický průzkum byl použit strukturovaný dotazník (viz příloha 2), který se zaměřoval na oblasti, které významně ovlivňují provoz a údržbu PZ. Dotazník byl rozdělen do pěti oblastí, které se zaměřují na provoz a údržbu plynovodů a přípojek různých tlakových hladin. Výstupy empirického výzkumu, rozhovorů a získaných technických informací jsou popsány v následující kapitole disertační práce.

Předpoklady analýzy

Prvním předpokladem, ze kterých analýza údržby, byla možnost porovnání údržby na podobné skupině plynárenských zařízení. Bylo zjištěno, že dělení do skupin plynárenských zařízení je ve vybraných státech EU téměř totožné. Výjimkou je dělení plynovodů³¹ a přípojek podle tlakové hladiny. V České republice se plynovody a přípojky dělí do tří skupin a to na plynovody a přípojky se středním, vysokým nebo velmi vysokým tlakem. Ve státech západní Evropy se setkáváme pouze s dělením na nízký a vysoký tlak. Činnosti, které jsou v rámci provozu a údržby PZ zařízení prováděny jsou popsány v kapitole údržba v plynárenství. V rámci této analýzy byly zkoumány podobnostní znaky inspekce³², údržby³³, provozní revize³⁴ a oprav³⁵ na plynovodech různých tlakových hladin.

Metoda sběru dat

Metoda sběru dat probíhala několika způsoby. Jedna z metod sběru dat byla zvolena pomocí tištěného dotazníku, který byl vyplněn na základě strukturovaných rozhovorů se zástupci plynárenských společností. Respondenti byly osloveni ve dvou kolech. Zejména u zahraničních společností předcházelo osobnímu rozhovoru zaslání okruhu dotazů. Některé údaje byly získány z interních materiálů společností i veřejně dostupných dokumentů. Nutné je také podotknout, že některé informace obsažené zejména v interní dokumentaci nebyly poskytnuty z důvodu ochrany know-how jednotlivých zahraničních společností. Druhým způsobem bylo získávání potřebných informací pomocí pravidelných workshopů se zástupci Českého plynárenského svazu. Posledním, neméně důležitým způsobem bylo získávání informací na schůzkách a workshopech přímo ve společnostech provozujících PZ.

Analytická část disertační práce je rozdělena do dvou oblastí:

- 1) **Analýza přístupu k údržbě** - strategie údržby, legislativní omezení, Metody a nástroje pro plánování a řízení údržby, Metodika sběru dat a jejich následné vyhodnocení.

³¹ **Plynovod** je zařízení pro přepravu plynu. Dělí se na plynovody pro veřejné zásobování (plynárenská zařízení). Dále na plynovody neveřejné, tj. plynovody průmyslové a domovní (plynová odběrná zařízení) a poslední skupinou jsou plynovody související s těžbou (degazační sběrné a těžební).

³² **Inspekce**- souhrn kontrolních činností zaměřených na zjištění, zda stav zařízení odpovídá předpisům k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a provozně bezpečnostním požadavkům.

³³ **Údržba** – souhrn pravidelných činností na zařízení a jeho příslušenství směřujících k udržení stavu, bez výměn částí zařízení nebo jeho příslušenství mající charakter porušení celistvosti. Údržba je prováděna v převážné míře na základě zjištění z inspekci.

³⁴ **Provozní revize** – provozní revizi se rozumí celkové posouzení zařízení, při kterém se prohlídkou, vyzkoušením, popřípadě i měřením zjišťuje provozní bezpečnost a spolehlivost zařízení nebo jeho částí a posoudí se i technická dokumentace a odborná způsobilost obsluhy

³⁵ **Oprava** - zásah do zařízení, kterým je odstraňován zejména jeho poruchový stav

- 2) **Analýza porovnání zjištěných údajů o provozu a údržbě PZ ve vybraných zemích s provozem a údržbou PZ v ČR** – porovnání provozu a údržbou PZ v ČR a v zahraničí včetně porovnání právních předpisů a normativních dokumentů, vztahujících se k provozu, údržbě, inspekcím PZ.

3.2.1. Analýza přístupů k údržbě

Hlavním cílem této analýzy bylo zjistit jaký je optimální model provozu a údržby PZ a na základě zjištěných výsledků navrhnout v metodické části disertační práce optimální model provozu a údržby PZ. Předmětem analýzy byly následující oblasti:

1) Strategie údržby

Tato zkoumaná oblast se zaměřuje na přístupy ke strategii údržby, které jsou v jednotlivých společnostech provozující PZ využívány.

2) Legislativní omezení

Tato oblast se zaměřuje na zmapování omezujících podmínek pro provoz a údržbu PZ. Obsahuje informace o používaných legislativních i technických normách napříč vybranými státy.

3) Metody a nástroje pro plánování a řízení údržby

Cílem této oblasti je zjistit, jaké jsou nejvyužívanější metodiky a softwarové nástroje pro plánování a řízení údržby ve zkoumaných společnostech. Bylo zjišťováno, jakým způsobem se nástroje využívají a jaké jsou hlavní přínosy a omezení vyplývající z jejich používání.

4) Metodika sběru dat a jejich následné vyhodnocení

Tato se zaměřoval na data (poruchy, počet úniků, náklady, aj.) která jednotlivé společnosti monitorují, jak jsou následně vyhodnocovány.

3.2.2. Porovnání zjištěných údajů o provozu a údržbě PZ ve vybraných zemích s provozem a údržbou PZ v ČR

Tato oblast analýzy se zaměřuje na druhy a vnímání provozování jednotlivých plynárenských zařízení a zmapování údržbových činností na plynovodech a přípojkách různých tlakových hladin. Důraz byl kladen na četnosti vybraných aktivit údržby na jednotlivých PZ včetně analýzy nákladů na vybrané inspekční činnosti.

4. Analýza přístupů k údržbě plynárenských zařízení

Oblast analýzy přístupů k údržbě se zaměřuje na popis aktuálního stavu problematiky provozu PZ. Zkoumány byly přístupy a strategie údržby, které jsou v jednotlivých společnostech provozující PZ využívány. Základními cíli této analýzy byly:

- Zjistit jaké přístupy k údržbě PZ jsou používány v ČR a v zahraničí.
- Zmapovat používané legislativní i technické normy.
- Stanovit omezující podmínky provozu a údržby PZ.
- Identifikovat omezení pro návrh obecně platné metodiky údržby.
- Zjistit jaký je ideální model provozu a údržby PZ a na základě zjištěných výsledků navrhnout v metodické části disertační práce optimální model provozu a údržby PZ.

4.1. Česká republika

Z hlediska aplikace výstupů a možnosti jejich ověření byla Česká republika a plynárenské společnosti, které zde působí, zvoleny jako referenční výchozí stav, ke kterému byl prováděn benchmark. Popis legislativních a technických pravidel, ze kterých způsoby údržby v jednotlivých společnostech vychází je popsán v kapitole 2.

System údržby

System údržby plynárenských zařízení v České republice kombinuje více typů údržby. Inspekční činnosti jsou prováděny převážně formou preventivní údržby s předem stanovenými časovými intervaly. Vlastní údržba a opravy plynárenských zařízení jsou prováděny na základě zjištěného technického stavu zařízení.

Lhůty k provádění údržby

Lhůty k provádění údržby jsou legislativně omezeny. Vyplývají z vyhlášek č. 85/1978 Sb a. 85/1978 Sb., které ovlivňují lhůty pro inspekční činnosti a kontroly plynárenských zařízení. Vyhlášky stanovují kontrolu plynárenských zařízení minimálně jednou za rok a vypracování harmonogramu revizí nejméně na tříleté období. Navazuje na ně norma ČSN 38 6405 – Plynová zařízení. Zásady provozu, která určuje provádění provozních revizí nejméně jednou za tři roky a provedení kontroly nejméně jednou za rok.³⁶

Výše uvedené legislativní omezení a technická pravidla TPG ve stávajícím znění, neumožňují v plné míře zohlednit technický stav provozovaného zařízení a aplikovat moderní přístupy v provozování a údržbě plynárenských zařízení, jako je například prediktivní údržba. [62]

³⁶ Detailní popis je uveden v kapitole 5

4.2. Německo

Plynárenství v Německu patří mezi regulovaná odvětví. Zákony a vyhlášky nařizují provozovatelům PZ zajistit bezpečnost obyvatelstva a životního prostředí. Vládní nařízení se přímo odkazují na technická pravidla DVGW.

Plánování, konstrukce, provoz a údržba sítí dodávek plynu se provádí v souladu s právními předpisy a to zejména s nařízením pro vysokotlaké plynovody (GasHDrLtG) a příslušných technických pravidel DVGW³⁷.

V rámci předpisů DVGW jsou uživatelé udělována konkrétní doporučení, jak podchytit individuální provozní podmínky každého jednotlivého zařízení a jak je ohodnotit konkrétními hodnotícími koeficienty, aby se dosáhlo prodloužení či zkrácení intervalů údržby. Všem provozovatelům PZ je tím dáván nástroj, s jehož pomocí lze lhůty kontrol orientovat na stav zařízení a údržbu zorganizovat s orientací na výsledek, aniž by se ze zřetele pustily aspekty bezpečnosti.³⁸

Systém údržby

V Německu jsou zavedené pojmy „Předem určená údržba“ a „Údržba orientovaná na stav“. Při „Předem určené údržbě“ se údržba provádí v předem stanovených časových intervalech, bez ohledu na stav konkrétního zařízení. Při „Údržbě orientovaná na stav“ se údržba provádí v intervalech určených stavem zařízení či okrajovými podmínkami. Stavem zařízení je zde myšlena např. četnost poruch a okrajovými podmínkami např.: typ materiálu, stáří, apod. Lze tedy říct, že u německých provozovatelů PZ je aplikován systém údržby založený na kombinaci přístupů preventivní a z části prediktivní³⁹ údržby.

Lhůty k provádění údržby

Zákony ani související vyhlášky v Německu nestanovují konkrétní lhůty pro činnosti inspekční a údržby. Tyto zákony a vyhlášky ukládají příslušnému držiteli licence provozovat zařízení bezpečně, spolehlivě a ekonomicky. V Německu jsou lhůty prováděných činností na

³⁷ DVGW - Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches

³⁸ Konkrétně inspekce, kontroly a údržby se týkají především tyto předpisy DVGW: *G 495 Gasanlagen - Instandhaltung* - Plynová zařízení - údržba - vysvětluje pojmy inspekce, funkční kontrola a údržba, stanovuje lhůty pro provádění činností na PZ, *G 465-1 Überprüfen von Gasrohrnetzen mit einem Betriebsdruck bis 4 bar* - Inspekce plynovodů do 4 bar včetně - stanovuje činnosti a intervaly kontrol těsnosti v závislosti na tlaku a četnosti netěsností. *G 466-2 Gasrohrnetze aus duktilen Gußrohren mit einem Betriebsdruck von mehr als 4 bar bis 16 bar*; *Instandhaltung* - Litinové plynovody s tlakem mezi 4 bar - 16 bar - upravuje lhůty prováděné při trasové kontrole, dle vzdáleností plynovodů od obydlí.

³⁹ Prediktivní údržba je prováděna na základě stavu zařízení, který je v určitých intervalech diagnostikován a vyhodnocován. Za pomoci těchto dynamických hodnot určujeme pravděpodobnost poruchy zařízení a v důsledku toho upravujeme plán údržby

plynárenských zařízeních pouze doporučené předpisy DVGW. Důležitou roli v intervalech údržby hrají dálkové sledovací systémy. Při jejich využití odpadá značná část činností prováděných na plynárenských zařízeních, z důvodu možnosti provedení dálkového odečtu či měření. [62]

4.3. Velká Británie

Tvůrcem standardů pro údržbu PZ ve Velké Británii je instituce IGEM (Institution of Gas Engineers and Managers). Pokud se společnost neřídí pravidly IGEM musí uvést důvod, proč nebyla pravidla použita. Pravidla IGEM představují „best known practices“. Společnost tedy musí přijít s řešením, které je lepší než pravidla IGEM. IGEM⁴⁰ můžeme přirovnat k českým pravidlům TPG.

Stěžejním tvůrcem norem týkajících se údržby plynárenských zařízení ve Velké Británii je British Standards Institution. Z hlediska analýzy prováděných činností údržby je zajímavá například norma BS 61508, podle které musí provozovatelé PZ provádět pravidelné testování a údržbu a dále kontrolovat výkonnost a kvalitu systému. Mezi další důležité normy patří například norma BS 61511 (Process Industry) a BS EN 60079 vztahující se na oblasti s nebezpečím výbuchu.

Systém údržby

Všechny plynárenské společnosti mají svá interní pravidla, která jsou odvozená od technických pravidel IGEM. Údržba PZ je založena na systému trvalého zlepšení PDCA⁴¹ a na analýze rizik. Společnosti využívají systémy, pomocí kterých sledují statistiku oprav potrubí a vyhodnocují rizika na základě kterých je prováděna prediktivní údržba. Například společnost National Grid, která je transitní i distribuční společností používá pro plánování údržby operační systém TRACK od společnosti ABB V systému je uloženy záznamy za posledních 40 let.

Plánovaná údržba

Ve Velké Británii se pod termínem plánovaná údržba skrývají údržba v pevně stanovených termínech a prediktivní údržba. Pokud společnost nemá zavedený systém založený na analýze rizik, musí se řídit standardy, které uvádějí minimální termíny pro vybrané činnosti.

Pokud je realizovaná plánovaná údržba jsou doporučené přístupy k řízení na základě rizik nebo ve fixně stanovených intervalech. Perioda plánované údržby by měla být realizována na základě rizikové analýzy. Pokud není analýza rizik pro plánovanou údržbu prováděna, jsou pro činnosti

⁴⁰ Nejdůležitější technická pravidla týkající se PZ jsou: IGE/TD/1: Edition 5 Steel Pipelines For High Pressure Gas Transmission.; IGE/TD/3: Edition 4 Steel and PE pipelines for gas distribution; IGE/TD/13: Pressure Regulating Installations for Transmission and Distribution Systems.; IGE/GL/2: Planning of Transmission and Storage Systems Operating at Pressures Exceeding 7 bar

⁴¹ Plan Do, Check, Act

údržby stanovené fixní intervaly. Přístup, který je založený na analýze rizik vyžaduje dostupnost a evidenci následujících podkladů k PZ:

- Kompletní seznam stávajících zařízení.
- Historie všech zjištěných a realizovaných událostí na daném zařízení.
- Evidence prací, které byly na PZ vykonány.

Údržba založená na analýze rizik

V některých případech je ve společnostech působící ve Velké Británii využívána prediktivní údržba a to na základě sledovaných ukazatelů. Rizika jsou sledována na stupnici 1-9. Riziko, plynoucí z provozování plynárenských zařízení je sledováno, hodnoceno a řízeno podle celosvětově uznávané metodiky ALARP (z angl. As Low As Reasonable Practicable), tedy je udržováno na rozumně nízké úrovni (analýze rizik se věnuje kapitola 2.1.4.1 RCM). Při stanovení úrovně rizika je třeba vzít v úvahu faktory, které významně ovlivňují pravděpodobnost vzniku a následky poruch vyskytujících se uvnitř potrubí. Je třeba zvážit následující parametry:

- Materiál a třída materiálu, ze kterého bylo potrubí vyrobeno.
- Provozní úroveň napětí potrubí.
- Standard, podle kterého bylo potrubí navrženo a konstruováno.

Pro účely stanovování plánů údržby je zařízení rozděleno do několika skupin podle rizika, které plyne z jeho provozování. Toto rozdělení se děje na základě analýzy nákladů a přínosů (CBA - Cost Benefit Analysis), kdy jsou posouzeny náklady na provádění údržby. Tyto náklady jsou následně porovnány s úsporami, kterých bylo potenciálně touto údržbou dosaženo. Tam, kde bylo rozhodnuto o účelnosti nasazení pokročilých metod řízení údržby, je následně prováděna detailní analýza zařízení. K tomu jsou využívány moderní poznatky z teorie údržby, plány údržby jsou nastavovány dynamicky na základě stavu zařízení.

Lhůty k provádění údržby

Zákony, kterými se řídí plynárenské společnosti ve Velké Británii, nařizují společnostem pracovat tak, aby neohrozili bezpečnost a zdraví občanů. Zákony ani vládní nařízení nestanovují termíny inspekcí. Každá společnost se řídí podle svého nejlepšího svědomí. Společnosti nejsou povinny podávat zprávy o prováděných kontrolách a údržbě.

Metodiky údržby

Mezi metody plánování údržby, používané ve Velké Británii patří například „údržba zaměřená na bezporuchovost“ (RCM, z angl. Reliability Centered Maintenance). Vzhledem ke zjištěné nevhodnosti nasazení RCM na potrubní trasy jsou tyto udržovány na základě metodiky „Major

Accident Hazard Pipelines“, která je obdobou v ČR používaného nástroje PIMS⁴² (z angl. Pipeline Integrity Management System) nebo RBI (z angl. Risk Based Inspection). [62]

4.4. Nizozemsko

Plynárenský průmysl v Nizozemsku je na velmi vysoké úrovni. Obecně lze říci, že údržba se řídí doporučeními, která vyplývají z tzv. *Best Practices*, tedy nejlepší praxe. Základem přejímání prvků nejlepší praxe je komunikace, které se v Nizozemsku přikládá velký význam. Provoz a údržba PZ jsou brány jako související oblasti a dvakrát týdně si vyměňují zkušenosti v rámci společných workshopů. Tato „nižší úroveň“ provozování PZ pak jednou měsíčně sdílí svoje poznatky a zkušenosti s managementem společnosti.

Tvorbou norem v Nizozemsku zabezpečuje nizozemský úřad pro standardizaci (Nederlands Normalisatie Instituut - NNI). Na základě norem jsou upravována interní technická pravidla u jednotlivých provozovatelů plynárenských zařízení. Stěžejní normy, které se týkají problematiky pracnosti provozování plynárenských zařízení a vycházejí ze závazných evropských norem.⁴³ V Nizozemsku nejsou uplatňovány technické předpisy na úrovni TPG. Provozovatelé plynárenských zařízení používají např. soubor předpisů PAS 55, který se týká Asset Managementu, zejména řízení rizika a investic do údržby. Jedná se o převzatý standard z Velké Británie, který má označení BSI PAS 55.

Lhůty k provádění údržby

Legislativa v Nizozemsku nestanovuje žádné pravidelné lhůty pro provádění kontrol plynárenských zařízení. Plynárenské společnosti musí podle regulátora splnit tři cíle, kterými jsou dostupnost, spolehlivost a udržitelnost dodávek plynu.

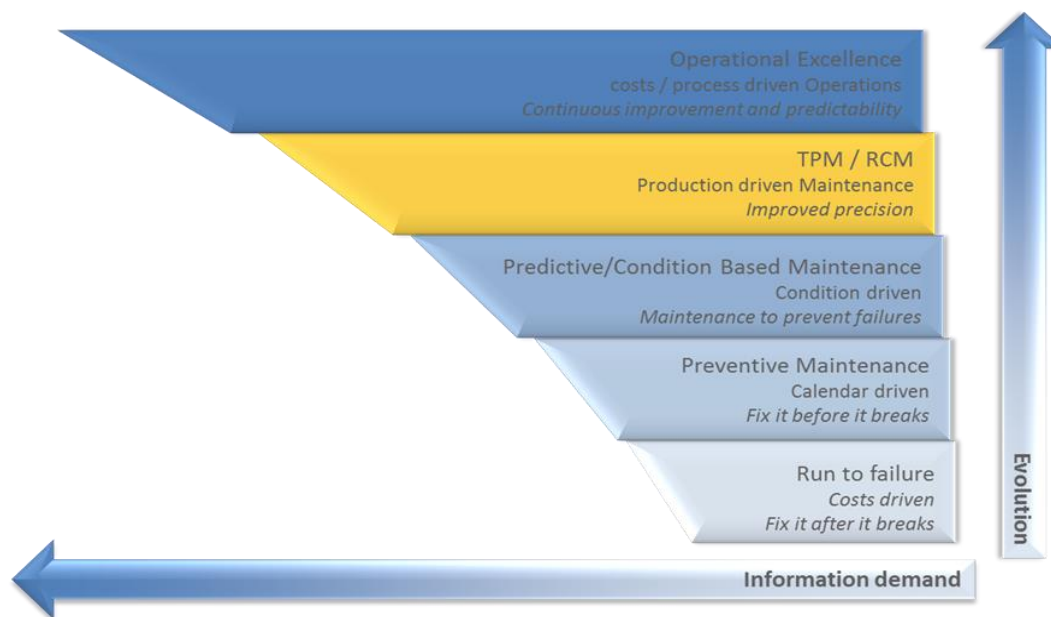
Metodiky údržby

Pro plánování údržby jsou základním pilířem blokové diagramy bezporuchovosti RBD (z angl. Reliability Block Diagram). Tento nástroj umožňuje pracovníkům provozu a údržby rozhodnout o kritičnosti každého prvku a na základě této zjištěné kritičnosti následně navrhnout údržbu. Prvky, které mají být detailně analyzovány, jsou označeny jako tzv. Bad Actors na základě analýzy vývoje nákladů na jejich provozování. Pro tyto prvky se sestavuje dynamický plán údržby

⁴² PIMS je nástroj, který je využíván zejména v plynárenství pro vysokotlaké plynovody. Pomocí PIMS je sestavován plán údržby potrubí s využitím metod založených na hodnocení rizik a znalosti technického stavu potrubí. PIMS je softwarový program který obsahuje všechny údaje všechny důležité údaje o potrubí, jako jsou podrobné výkresy, letecké mapy a výsledky inspekčních činností.

⁴³ NEN 7244- Edice norem s označením 1-10 je soubor požadavků na plynovody s maximálním provozním tlakem ≤16 bar; NEN 7244-9 standard pro kontrolu těsnosti; NPR 6912 – Katodická ochrana potrubí; NEN 1059 Zásobování plynem.

na základě metody RBI a PIMS, pro některé prvky s vysokou kritičností je snaha aplikovat postupy RCM. Graficky je možné stav úrovně údržby v Nizozemsku reprezentovat následujícím obr. 15.



Obr. 15 Vztah úrovně údržby a požadavků na informace podle Gasunie, NL

Rozhodovací proces o zařazení/nezařazení komponenty do detailního plánování dynamické údržby se v Nizozemsku provádí na základě RBD nebo s nižšími nároky na znalosti kontextu provozování zařízení pomocí tzv. matice rizik, viz následující obrázek č. 16.

Risicomatrix ten behoeve van de beoordeling van projecten/managementbeslissingen									
Ernst/ Zwaarte	Gevolgen				Kans op incident of het voorkomen van een situatie				
	Duurzaamheid IV	Operational III Excellence	Betrouwbaarheid II	Veiligheid I	1	2	3	4	5
	Milieu Footprint reductie	Levensrij- zekerheid Financiële Schade	Wet- en Regelgeving Ethiek Reputatie	Persoonlijke Veiligheid Externe Veiligheid	Niet bekend binnen de branche/ nooit van gehoord $p < 10^{-8}$	Bekend binnen de branche/ niet ondenkbaar $10^{-8} < p < 10^{-7}$	Heeft plaatsge- vonden bij GU of in de branch $10^{-7} < p < 10^{-6}$	Gebeurt bij Gasunie of in de branche $10^{-6} < p < 1$	Gebeurt vaker per jaar bij Gasunie of in de branche $p > 1$
A	Geen effect Forsse emissie reductie, meer dan 50% t.o.v. uitgangspunt	Geen verstoring bedrijfsfunctie Geen Schade	Geen effecten	Geen verzuim Gewonden	L	L	L	M	H
B	Zeer klein gaslek of kleine bodemvervuiling Emissie reductie tot 50% t.o.v. uitgangspunt	bepaalde verstoring onderstaande bedrijfsfunctie kleine schade (< 5k)	lokaal bewustzijn lokale media-attentie	Verzuim Zeer ernstig gewonden	L	L	M	H	C
C	Klein gaslek of kleine bodemvervuiling Emissies neutraal t.o.v. uitgangspunt	ernstige verstoring secundaire bedrijfsfunctie middelgrote schade 5k-S<50k	Diefstal, privégebruik bedrijfs- middelen, onjuiste informatie lokale en regionale onrust ginge nationale Media-att.	Ernstig gewonde 1 tot 10 doden	L	M	H	C	C
D	Bepoort Gaslek of bodemvervuiling Tot 10% meer emissie als uitgangspunt	bepaalde verstoring primaire bedrijfsfunctie grote schade 50k-S<500k	Nationale onrust, veel nationale en enige internat. Media-attentie	Dode of blijvend arbeidsongeschikt tientallen doden	M	H	C	C	C
E	Zeer groot gaslek of bodemvervuiling Meer dan 10% emissie dan uitgangspunt	Ernstige verstoring primaire bedrijfsfunctie Zeer grote schade S>500k	ernstige fraude, misleid. contractbreuk, privacy sch. nr. misbr. com. gevoelige info Internationale onrust en media attentie	Meerdere doden honderden doden	H	C	C	C	C
L	Acceptabel zonder verdere voorwaardes, managen op basis van continue verbetering								
M	Acceptabel onder toepassing van ALARA, (inclusief een RIE studie) en op voorwaarde van performance monitoring en een periodieke evaluatie van de LOD's of beheersings maatregelen door middel van audits of veiligheidsstudies. Risicoacceptatie op afdelingsniveau. Managen op basis van continue monitoring van de performance								
H	Niet gewenst, binnen 3 tot 6 maanden risico-reducerende maatregelen aanbrengen tot niveau M bereikt is, plan van aanpak + risicoanalyse noodzakelijk, alleen met instemming van Unitmanager B&S mag een H situatie blijven bestaan.								
C	Niet acceptabel, direct door maatregelen in ontwerp en bedrijfsvoering terugbrengen tot minimaal H, alleen met instemming RVB en OR (in het kader van een C op gebied van veiligheid) kan men besluiten tot handhaving C risico. Identificeer en implementeer barrières en effect beperkende maatregelen om het risico te beheersen en toon ALARA aan.								

Obr. 16 Matice kritičnosti, používaná pro hodnocení rizika plynoucího z provozování zařízení v Gasunii, NL

Rozhodujícím faktorem pro prioritu údržby jsou v Nizozemsko následky, plynoucí z poruchy/vady. Jedná se vlastně o analýzu přínosů a nákladů, přestože nebyla pracovníky Gasunie takto pojmenována.

4.5. Maďarsko

V Maďarsku neexistuje systém technických pravidel, jako je tomu například v České republice, Německu či Anglii. Lhůty prováděných činností na plynárenských zařízeních jsou zde určeny interními pravidly, které si každá společnost vytváří sama. Základem interních pravidel jsou technická pravidla ze zemí vlastníků plynárenských soustav v Maďarsku.

Lhůty k provádění údržby

Právní systém v Maďarsku, nestanovuje konkrétní lhůty pro činnosti prováděné na plynárenských zařízeních. Držiteli licence pro provozování plynárenské soustavy tyto zákony a vyhlášky pouze ukládají provádět inspekční a údržbářské činnosti v dostatečné míře, pro zamezení havárií na plynárenských zařízeních.

Metodiky údržby

Plynárenské společnosti v Maďarsku centralizují informace o provozovaném zařízení v databázi TQM (z angl. Total Quality Management). Pro každý úsek potrubí je zde sledováno cca 20 parametrů, jako např. tlak v potrubí, průměr potrubí, stáří potrubí, druh podloží, atp. Na základě stavu těchto parametrů je následně rozhodnuto o plánu údržby pro konkrétní zařízení. Při změně

některého sledovaného parametru se předpokládá nežádoucí stav zařízení a to je následně zařazeno do programu údržby. Jedná se tedy o řízení údržby na základě rizika, tedy RBM (z angl. Risk Based Management).

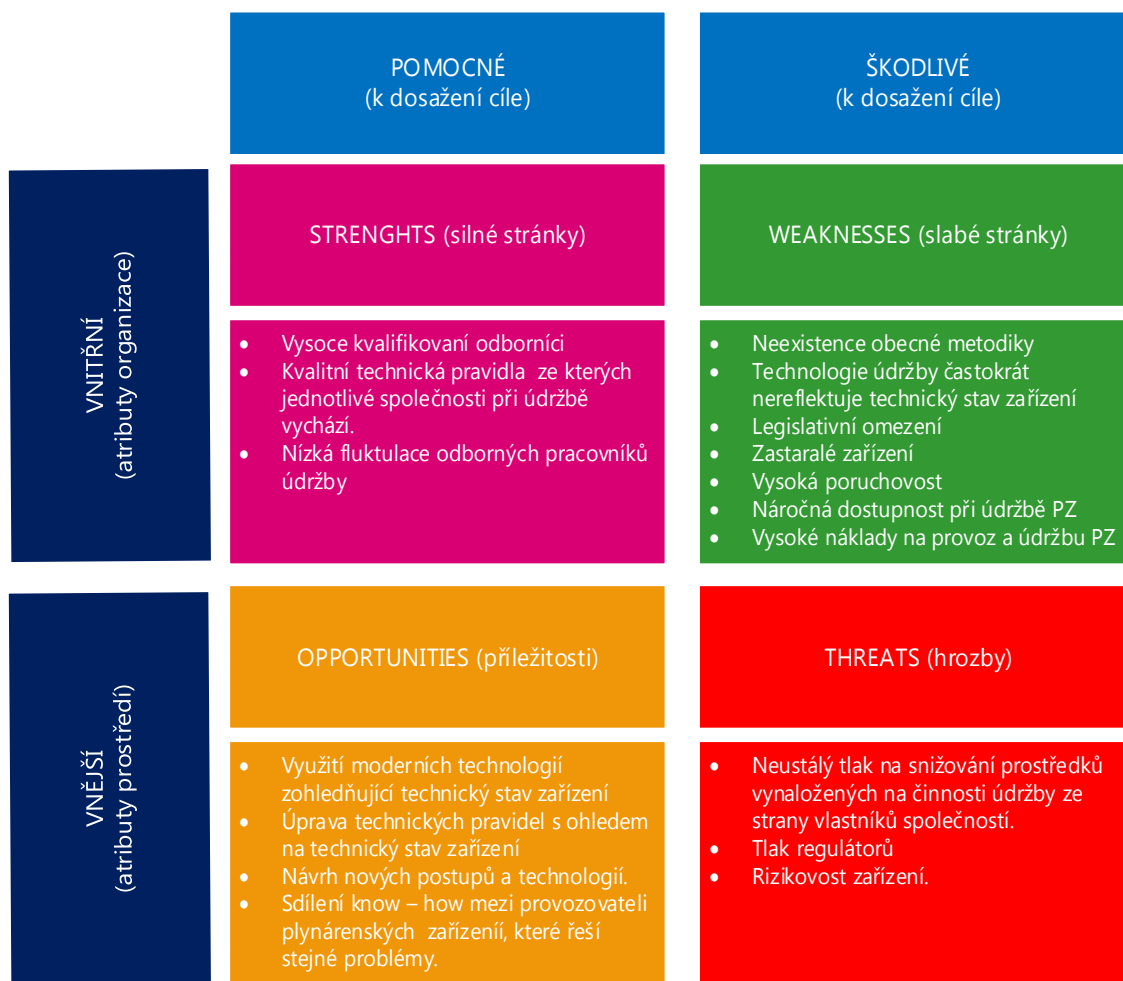
Aplikační cyklus metod diagnostiky potrubí a rozsah inspekce stanovují v souladu s každoročně aktualizovaným systémem hodnocení rizika potrubního systému. Jako databáze pro sběr informací o stavu slouží NYIR2 GIS systém.

4.6. Dílčí závěr

Na základě poznatků a výstupu výše uvedené analýzy, se jeví jako nejlepší přístup k systému údržby plynovodů a přípojek, přístup, který je aplikovaný ve Velké Británii a Nizozemsku. Provoz a údržba zde odpovídá současným technologickým trendům a možnostem. Je zde aplikována údržba podle stavu, prováděná na základě předpovědi odvozené z opakované analýzy nebo ze známých charakteristik a jejich vyhodnocení. Jedná se o prediktivní údržbu, kde jsou aplikovány postupy údržby zaměřené na bezporuchovost (RCM) a je zde využíváno řízení a analýzy rizik.

Na základě poznatků z kritické rešerše a výsledků analýzy provozu a údržby plynárenských zařízení v České republice a zahraničí bylo dospěno k závěru, že systém provozu a údržby v České republice je v porovnání s ostatními zahraničními společnostmi neefektivní. Neefektivita spočívá zejména v tom, že systém nezohledňuje technický stav, provozní podmínky zařízení ani vývoj nových technologií pro optimální provoz a údržbu.

Dle zjištěných poznatků v oblasti údržby v plynárenství byla sestavena matice SWOT (viz obr. 17). Matice SWOT shrnuje pohled na přístupy k údržbě napříč sledovanými společnostmi v ČR a v zahraničí. Lze konstatovat, že mezi silné stránky zkoumaných přístupů patří zejména to, že plynárenské společnosti disponují vysoce kvalifikovanými odborníky a kvalitními technickými pravidly. Mezi slabé stránky patří neexistence obecně platné metodiky údržby a vysoké náklady na provoz a údržbu PZ. Údržba plynárenských zařízení představuje z hlediska podniku významně vysokou nákladovou položku. Mezi hrozby (nežádoucí omezení) provozování patří rizikovost daných zařízení, neustálý tlak provozovatelů PZ na optimalizaci vynaložených prostředků na činnosti údržby a tlak regulátoru v plynárenství. Příležitosti pro vylepšení stávajících přístupů a řešení problematiky údržby PZ je sdílené know-how napříč provozovatelů v České republice a v zahraničí.



Obr. 17 SWOT matice přístupu k údržbě plynárenských zařízení

Na základě výsledků analýzy přístupů k údržbě ve zkoumaných společnostech můžeme konstatovat, že optimální systém údržby plynárenských zařízení je obecně vždy kombinací jednotlivých přístupů tedy představuje kombinaci údržby po poruše, preventivní údržby na základě pevných časových intervalů, preventivní údržby na základě technického stavu zařízení (prediktivní údržby). Kdy podíl jednotlivých přístupů vždy vychází z předpokladu celkové ekonomické efektivity.

5. Porovnání zjištěných údajů o provozu a údržbě PZ ve vybraných zemích

Při analýze plynárenských činností bylo zkoumáno, jakým způsobem se liší činnosti údržby prováděná na jednotlivých PZ v ČR a v zahraničí. Analýza a následné návrhy na vylepšení procesů je zaměřeno na oblasti týkající se inspekčních činností⁴⁴, provozní revize⁴⁵ a údržbu⁴⁶ a opravy⁴⁷.

Před analýzou jednotlivých inspekčních činností byl analyzován poměr pracností a vynaložených nákladů na jednotlivé činnosti. Výsledkem byl výběr stěžejních aktivit, které jsou z hlediska nákladovosti, provozování a s minimálním dopadem na bezpečnost a spolehlivost možné v dalších částech disertační práce vhodné k optimalizaci. Analýza byla prováděna benchmarkem. Jako výchozí stav, ke kterému je benchmark prováděn, byl zvolen stav údržby plynárenských zařízení v České republice.

Výběr vhodných druhů plynárenských zařízení a činností údržby pro aplikaci údržby na základě technického stavu zařízení byl proveden na základě analýzy nákladů na inspekční činnosti v jednotlivých společnostech. Cílem bylo identifikovat zařízení, pro která bude mít metodika údržby největší přínos. Průměrné rozložení nákladů na jednotlivé inspekční činnosti prováděné na PZ dle informací plynárenských společností je uvedeno na obrázku 18. Náklady na inspekční činnosti tvoří z celkových nákladů na provoz, opravy a údržbu plynárenských zařízení necelou polovinu.

Postup analýzy

Hlavním cílem této analýzy bylo porovnat činnosti a jejich četnosti, které jsou prováděné na PZ v ČR a v zahraničí. Na základě výstupů této analýzy navrhnout činnosti, které bude možné optimalizovat.

1. Výběr vhodných plynárenských zařízení pro tvorbu a následnou implementaci metodiky údržby.
2. Analýza činností prováděných na vybraném typu zařízení podle vynaložených nákladů.

⁴⁴ **Inspekce** – souhrn kontrolních činností zaměřených na zjištění, zda stav zařízení odpovídá předpisům k zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a provozně bezpečnostním požadavkům.

⁴⁵ **Provozní revize** – provozní revizí se rozumí celkové posouzení zařízení, při kterém se prohlídkou, vyzkoušením, popřípadě i měřením zjišťuje provozní bezpečnost a spolehlivost zařízení nebo jeho částí a posoudí se i technická dokumentace a odborná způsobilost obsluhy.

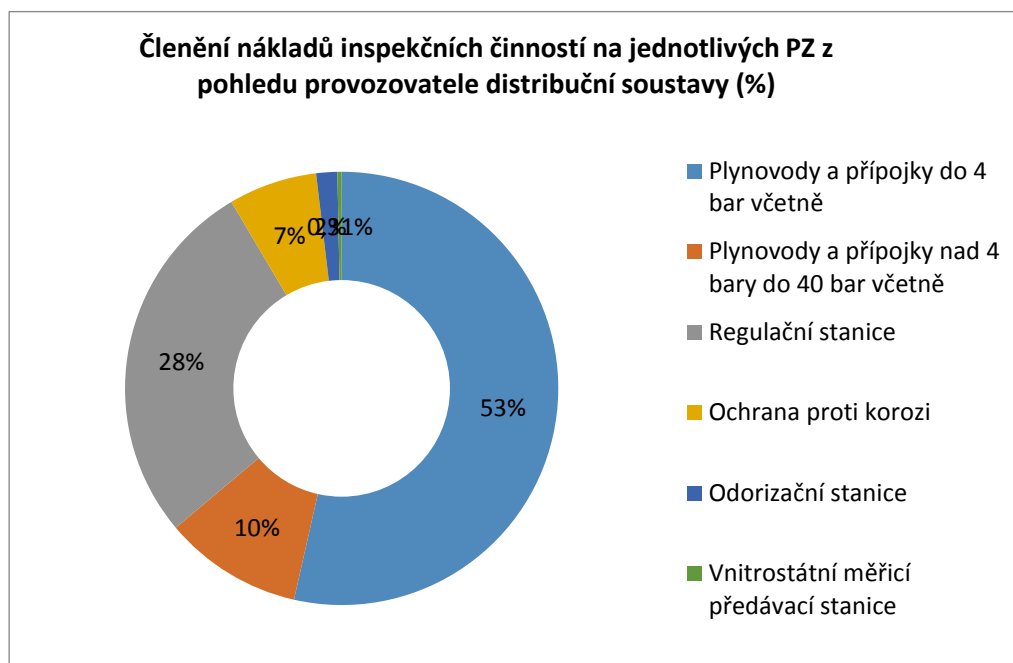
⁴⁶ **Údržba** – souhrn pravidelných činností na zařízení a jeho příslušenství směřujících k udržení stavu, bez výměn částí zařízení nebo jeho příslušenství mající charakter porušení celistvosti. Údržba je prováděna v převážné míře na základě zjištění z inspekci.

⁴⁷ **Oprava** - zásah do zařízení, kterým je odstraňován zejména jeho poruchový stav.

3. Porovnání jednotlivých činností s ohledem na jejich roční četnost.
4. Porovnání činností a četnosti údržby na vybraném PZ v ČR a v zahraničí (z hlediska obsahu a časování).
5. Návrh stěžejních činností, které je možné metodicky standardizovat. A to s ohledem na nákladovost, provozuschopnost a s minimálními dopady na bezpečnost a spolehlivost PZ.
6. Identifikace stěžejních parametrů pro hodnocení technického stavu zařízení.

5.1. Výběr plynárenského zařízení

Výběr vhodného plynárenského zařízení vychází z analýzy celkových nákladů na jednotlivé inspekční činnosti u vybraných provozovatelů plynárenských zařízení v České republice. Z rozložení nákladů (viz graf 2) je patrné, že největší část nákladů provozovatelů plynárenských zařízení je směřována na inspekční činnosti spojené s plynovody a přípojkami do 4 bar, následují regulační stanice a plynovody a přípojky nad 4 bary do 40 bar včetně.



Graf 2 Členění nákladů inspekčních činností na jednotlivých PZ z pohledu provozovatelů distribuční soustavy v ČR (%)⁴⁸

Výše uvedené kategorie plynovodů tvoří dohromady více než 70% nákladů vynaložených na inspekční činnosti provozovatelů distribuční soustavy. Zejména na těchto zařízeních je možné

⁴⁸ Z důvodu citlivosti dat jednotlivých provozovatelů distribučních soustav byly hodnoty stanoveny průměrem hodnot z několika společností. Data byla zkrácena aby je nebylo možné zneužít. Procentuální členění však reprezentuje poměry nákladů, které jsou na inspekční činnosti vynaložené. Informace o vynaložených prostředcích zahraničních provozovatelů nebyly k dispozici.

očekávat největší přínosy z návrhu a následné implementace metodiky údržby na základě jejich technického stavu a provozních podmínek. Následná analýza a návrh metodiky optimalizace zařízení bude v rámci disertační práce zaměřen na plynovody a přípojky různých tlakových hladin.

5.2. Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně

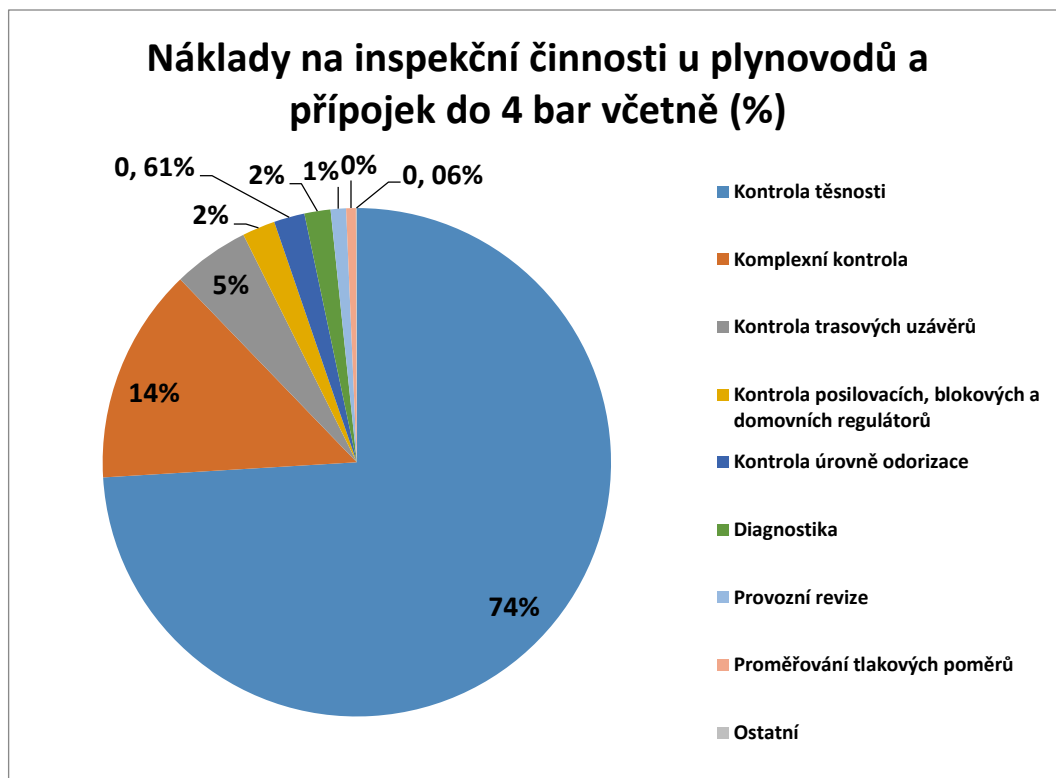
Plynovody a přípojky této tlakové hladiny jsou u nás i v zahraničí ve správě distribučních společností. Jak už bylo v předchozích kapitolách uvedeno, v rámci Evropy existuje různé dělení tlakových hladin. Aktivity byly analyzovány tak, aby odpovídaly používanému dělení tlakových hladin v ČR, ke kterému je prováděn benchmark.

Na plynovodech a přípojkách s přetlakem do 4 barů včetně jsou prováděny činnosti - inspekce, provozní revize a údržba a opravy⁴⁹. Proto, aby bylo možné určit které činnosti je v hodné z hlediska návrhu metodiky optimalizovat, byla provedena nákladová analýza jednotlivých činností prováděných na plynovodech a přípojkách této tlakové hladiny. Byly provedeny následující kroky:

1. Porovnání jak se liší aktivity prováděné na plynovodech ve vybraných státech;
2. Zjistit z čeho prováděné aktivity údržby vycházejí;
3. Jak a zda se odlišuje obsah jednotlivých činností údržby a s jakou roční četností jsou v jednotlivých společnostech prováděny.

Na grafu 3 je zobrazeno procentuální rozložení nákladů distribučních společností na dílčí inspekční činnosti prováděné na plynovodech a přípojkách s přetlakem do 4 bar včetně.

⁴⁹ Jednotlivé činnosti jsou popsány v TPG 905 01



Graf 3 Náklady na inspekční činnosti u plynovodů do 4 bar (%)⁵⁰

Z analýzy nákladů (graf 3) na inspekční činnosti vyplývá, že nejvyšší náklady jsou vynaloženy na kontrolu těsnosti. Dalšími významnými inspekčními aktivitami jsou kontrola odorizace, komplexní kontrola a diagnostické metody. Pro potřeby návrhu metodiky se analýza dále zaměřuje na provozní revize, údržby a opravy v jednotlivých zemích. Zde je přehled zkoumaných aktivit pro plynovody a přípojky do 4 bar včetně:

- **Inspekční činnosti:**
 - kontrola těsnosti;
 - kontrola odorizace;
 - komplexní kontrola;
 - diagnostika;
 - další inspekce.
- **Provozní revize**
- **Údržba a opravy**

⁵⁰ Z důvodu citlivosti dat jednotlivých provozovatelů distribučních soustav byly hodnoty stanoveny průměrem z hodnoty několika společností. Data byla zkrácena, aby nebylo možné zneužít. Percentuální členění však reprezentuje poměry nákladů, které jsou na inspekční činnosti vynaloženy. Informace o vynaložených prostředcích zahraničních provozovatelů nebyly k dispozici.

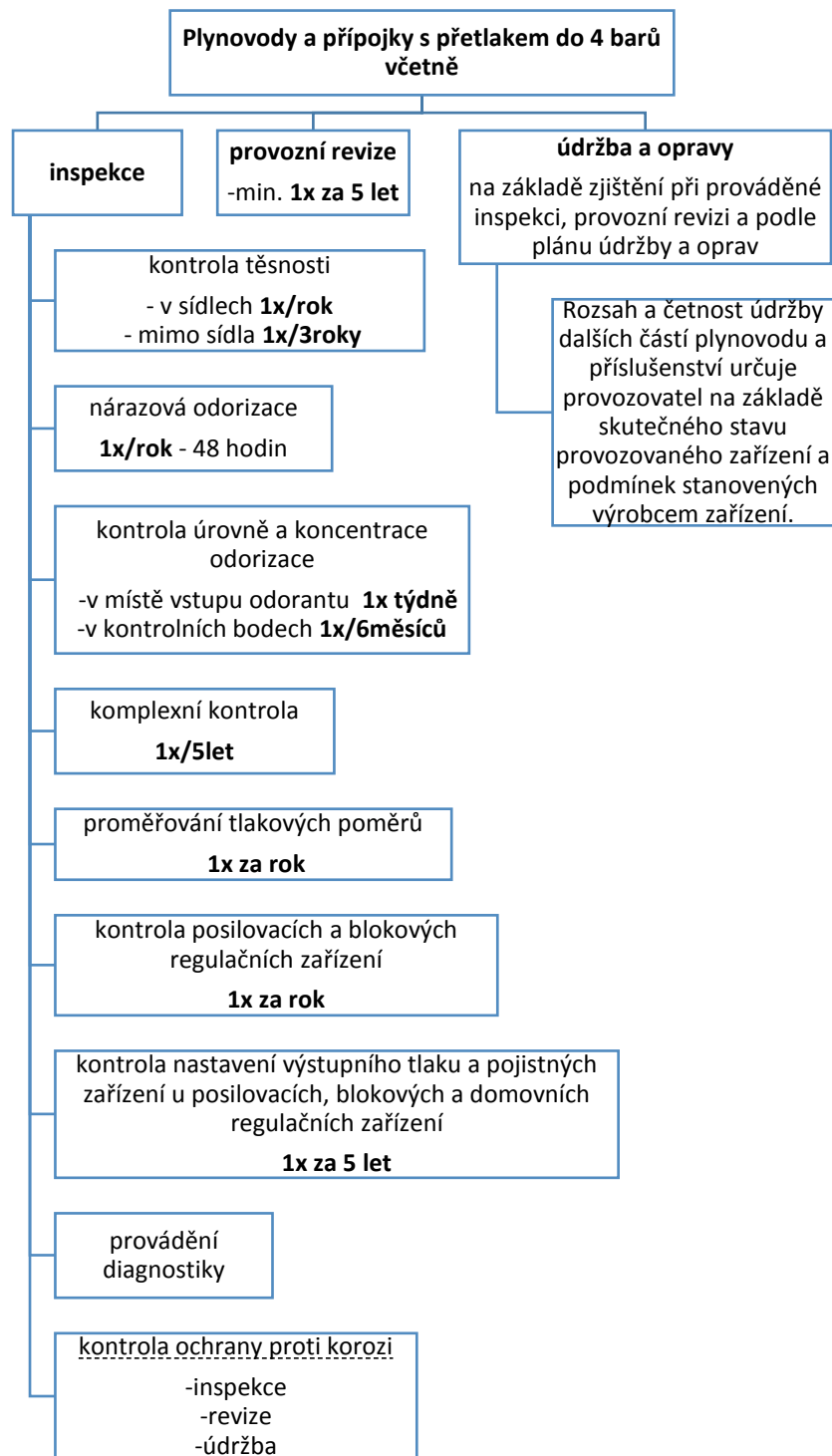
V tab. 3 je přehled zkoumaných aktivit. Část informací je doplněna na základě výstupů technických pravidel dané země a část informací je získána z empirického průzkumu, který byl proveden v České republice a v zahraničí. Uvedené činnosti byly posuzovány ve vybraných společnostech provozující PZ. V zahraničí se setkáváme s tím, že je odlišná terminologie nebo zkoumaná činnost není na daných zařízeních realizována.

Tab. 3 Přehled zkoumaných činností provozu a údržby plynovodů a přípojek s přetlakem do 4 barů včetně

Typ plynárenského zařízení	STÁT, PLYNÁRENSKÁ SPOLEČNOST		
	Činnost	Popis činnosti	Četnost činnosti
Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně	Inspekce	Kontrola těsnosti	Uved'te intervaly pro: Inspekční intervaly: 1) o přetlaku do xx baru: a) z ocele a plastů b) z litiny c) další
		Kontrola odorizace	Nárazová odorizace a) kontrola koncentrace odorantu - interval b) kontrola úrovně odorizace - Interval
		Komplexní kontrola	xx
		Diagnostika	Jakým způsobem je prováděná?
		Další inspekce	Jsou prováděny další inspekční činnosti? Pokud ano, jaké?
	Provozní revize	Jak často je prováděna?	
	Údržba a úpravy	Jaké jsou používané metody a z čeho se vychází?	

5.2.1. Česká republika

Na plynovodech a přípojkách s přetlakem do 4 bar včetně jsou prováděny činnosti dle technických pravidel TPG 905 01 III - inspekce, provozní revize a údržba a opravy. Kontrola těsnosti je prováděna podle TPG 913 01. Detailní popis jednotlivých činností je uveden v kapitole 2.4 údržba plynárenských zařízení. Na obr. 18 jsou zachyceny jednotlivé činnosti.



Obr. 18 Základní činnosti prováděné v ČR na plynovodech a přípojkách do 4 bar včetně⁵¹

5.2.2. Německo

Činnosti prováděné na plynovodech a přípojkách do 4 bar včetně vycházejí z pravidel DVGW která reprezentují minimálními požadavky na údržbu, podléhají souhrnnému posuzování a

⁵¹ Základní rozdělení vychází z TPG 905 01

musí se realizovat ve vztahu k speciálnímu plynovému zařízení. Mezi činnosti prováděné na těchto zařízeních patří zejména sledování (zahrnuje činnosti inspekce a kontroly funkce zařízení), údržba a opravy.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

Mezi nejdůležitější inspekční činnosti prováděné na plynovodech patří kontrola těsnosti. Kontrola těsnosti se podle technických pravidel DVGW rozděluje na kontrolu povrchu a kontrolu půdního vzduchu. Intervaly pravidelných kontrol těsnosti jsou závislé na provozních podmínkách a technickém stavu plynovodu (např. maximální provozní tlak a frekvence úniku) viz tab. 4.

Tab. 4 Kontrola těsnosti podle technických pravidel DVGW

Četnost netěsností na 1 km	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1
Provozní tlak v barech	Období na jednu kontrolu [roky]		
≤ 0,1	6*	4	2
> 0,1 ≤ 1	4*	2	1
> 1	2*	1	0,5

* toto období přezkumu platí pouze pro PE potrubí a katodicky chráněné ocelové trubky

Kontrola povrchu se provádí pomocí detektoru těsně nad zemí. Kvalita kontroly povrchu může být ovlivněna větrem, výfukovými plyny, mokrou či zmrzlou půdou. V místech kde je asfalt, beton či dlažba, jsou vyhledávána detekční místa tam, kde jsou praskliny z důvodu prostupnosti plynu. Kontrola půdního vzduchu probíhá tak, že v místě nad plynovodem se udělají dva otvory o hloubce 0,3 m. Vzdálenost mezi jednotlivými otvory by neměla přesáhnout 2,5 m. Do otvorů se vloží trubky a na ně se nasadí měřicí zařízení. Je třeba dbát na to, aby bylo zařízení správně nasazeno a nemohlo tak dojít k ovlivnění měření okolním prostředím.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola odorizace

- Kontrola koncentrace odorantu je dána podle pravidel DWGV min. **1x za půl roku**

Kategorie inspekční činnosti - Komplexní kontrola

- Tento termín není v technických pravidlech DWGV specifikován.

Kategorie inspekční činnosti - Diagnostika

- Tento termín není v technických pravidlech DWGV specifikován. Tato činnost není povinná, proto je prováděna dle zvážení provozovatele.

Další inspekční činnosti

- Tato kategorie činností opět není u provozovatelů plynárenských zařízení nijak závazná. Další inspekční činnosti jsou tedy plně na zvážení provozovatele.

Provozní revize

- Institut provozní revize v Německu neexistuje.

Údržba a opravy

- Údržba a opravy jsou prováděny a základě výsledků inspekce a provozní revize, dle plánu údržby a oprav.

5.2.3. Velká Británie

Ve Velké Británii se setkáváme s jiným rozdělením tlakových hladin (nejnižší tlaková hladina je zde ≤ 16 bar)⁵². Mezi činnosti prováděné na plynovodech s tlakem ≤ 16 bar patří inspekce a údržba. Provozovatelé mají systém provozu a údržby založený zejména na analýze rizik a pravidelném monitoringu stavu potrubí.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

Kontrola těsnosti by měla být u provozovatelů založena na analýze rizik. Pokud to není možné použití úpravy četnosti kontrol na základě analýzy rizik, provádí se kontrola těsnosti jednou ročně.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola odorizace

Kontrola odorizace se stanovuje dle interních pravidel provozovatelů plynárenských zařízení.

Kategorie inspekční činnosti - Komplexní kontrola

- Tento termín není technickými pravidly IGE nijak specifikován. Provozovatelé provádí komplexní kontrolu na základě interních potřeb.

⁵² IGE/TD/3: Edition 4 Steel and PE pipelines for gas distribution

Kategorie inspekční činnosti - Diagnostika

V oblasti diagnostiky je důležitý monitoring technického stavu potrubí, který je vyžadován technickými pravidly IGE.

Kategorie inspekční činnosti - Monitorování stavu

Stav potrubí je dle technických pravidel IGE zjišťován v pravidelných intervalech. Systém monitorování stavu potrubí vychází z klíčových faktorů, jako jsou příslušné právní předpisy; implementace opatření zabraňující korozi; podmínky pro provoz potrubí pod tlakem; podmínky pro provoz při zvýšených teplotách; analýza trendů poškození potrubí aj. Četnost monitorování stavu potrubí s MOP > 7 bar je prováděna na základě systému řízení rizik, pokud to není možné, jsou stanoveny minimální intervaly pro monitoring (viz tab. 5)

Tab. 5 Minimální frekvence monitorování stavu potrubí pro MOP > 7 bar

Typ monitorování	Maximální interval mezi monitoringem
Vnitřní monitoring	Nesmí přesáhnout 10 let
Nadzemní monitoring - Potrubí podléhající vnitřní inspekci	Nesmí přesáhnout 10 let. Provádí se mezi vnitřními inspekce
Nadzemní monitoring - Potrubí, která nejsou předmětem vnitřní inspekce	Nesmí přesáhnout 5 let
Hydrostatický test	Nesmí přesáhnout 20 let

Další inspekční činnosti

Mezi další významné inspekční činnosti patří kontrola trasy. Kontrola trasy potrubí je prováděna s cílem zjistit zda se nezhoršuje technický stav potrubí. Opět by měla být založena na analýze rizik. Pro stanovení četnosti a rozsahu kontrol trasy by měl brány v úvahu údaje o použitém materiálu potrubí; stáří systému; kvalita dopravních staveb a rozsah přílehlých prací. Pro stanovení četnosti a rozsahu kontroly trasy jsou uvažovány údaje o použitém materiálu potrubí, stáří systému, předchozí historii poklesu, kvalita dopravních staveb a rozsah přílehlých prací.

Provozní revize

Institut provozní revize ve Velké Británii neexistuje.

Údržba a opravy

Pokud společnost nemá zavedený systém založený na analýze rizik, musí se řídit standardy, které uvádějí minimální termíny pro vybrané činnosti. Standard IGE/TD/3 Edition 4 popisuje návod jak při jednotlivých typech poruch postupovat.

5.2.4. Nizozemsko

Z důvodu neexistence technických pravidel jako jsou např. DWGV, IGE nebo TPG pro provozování plynárenských zařízení byla provedena analýza interních pravidel pro posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení u společností Gas Transport Services, Enexis B. V., Liander N. V., Zebra Gasnetwerk B.V, DELTA Netwerkbedrijf B.V., Intergas Energie B.V. Základní přehled analyzovaných činností:

- **Kontrola těsnosti** – termíny se odvíjí od četnosti úniků a výsledků analýzy rizik. Způsob vyhodnocení je popsán dále v textu.
- **Kontrola odorizace** - Kontrola koncentrace odorantu probíhá min. 1x za půl roku.
- **Komplexní kontrola** - Termín komplexní kontrola není specifikován.
- **Diagnostika** - Není obecně specifikovaná. Provádí ji provozovatele podle svých předpisů
- **Další inspekční činnosti** - Další inspekční činnosti nejsou nikde specifikovány.
- **Provozní revize** - Institut provozní revize v Nizozemsku neexistuje.
- **Údržba a opravy** – Jsou prováděny dle interních pravidel provozovatelů distribučních společností.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

Kontrola těsnosti vychází z nizozemského standardu NEN 7244-9. Podle standardu by měla být kontrola prováděna na každé části sítě jednou za 5 let. Interval může být prodloužen na základě průběžné analýzy rizik. Jednotlivé typy úniku plynu jsou klasifikovány dle úrovně rizika. Podle rozdělení se nápravná opatření uskutečňují v intervalu od 24 hod. do 3 měsíců. Pokud se na trase objeví více než 3 úniky/km je nezbytné přijmout další opatření jako je snížení intervalu kontrol na 2 až 3 roky do doby než se sníží počet úniku pod 3 úniky/ km (viz výpočet).⁵³

⁵³ Interní informace společnosti Liander, prezentace

Výpočet četnosti úniků:

$$\lambda = n/(l \times t) \text{ [1/km} \times \text{rok]}$$

λ ... četnost úniků

n ... počet úniků

l ... délka potrubí v km

t ... doba mezi dvěma kontrolami v letech

$\lambda > 0,6$: vysoká četnost

$\lambda < 0,2$ nízká četnost

Kontrola těsnosti založená na analýze rizik

Kontrola těsnosti je zde řešena na základě výpočtu rizikovosti daného zařízení.

$$\text{Riziko} = \text{pravděpodobnost úniku} \times \text{důsledky}$$

Pravděpodobnost úniku: závisí na materiálu a tlaku a je uváděna v počtu úniků na km/rok.

V tab. 6 jsou vyčísleny pravděpodobnosti úniků plynu v závislosti na druhu materiálu potrubí a provozním tlaku.

Tab. 6 Četnosti úniku v závislosti na druhu materiálu potrubí a provozním tlaku⁵⁴

Četnoti úniku na /km/rok (leakage number)						
Tlak/materiál	0,03-0,1 bar	0,1-1 bar	1,0-4,0 bar	4-8 bar	8 bar	> 8 bar
PE	0,03		0,04		0,02	
u-pvc	0,04					
HI-pvc	0,02					
Ocel	0,021		0,02		0,01	
Litiny	0,026		0,14			
Tvárné litiny		0,08		0,02		0,04
AC	0,15					

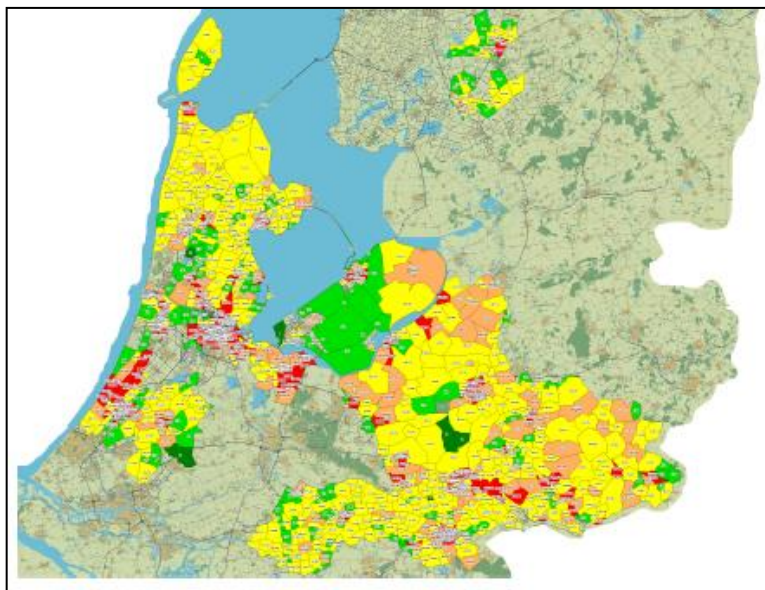
⁵⁴ Methaanemissie door gasdistributie in Nederland, juli 2006

Důsledky: Jsou vztaženy k hustotě obyvatel

Pracuje se s údaji počet domácností na km², počet přípojek na km².

Riziko = \sum (délka x četnost úniků) x hustota obyvatel

Společnost Liander používá pro získání těchto informací zdroje statistického úřadu⁵⁵ a databázi společnosti. Na obr. 19 jsou graficky zachyceny výsledky analýzy rizik podle jednotlivých regionů. Červená barva značí nejrizikovější oblasti.



Obr. 19 Rozdělení plynovodů na základě analýzy rizik

5.2.5. Maďarsko

V Maďarsku jsou na distribučních plynovodech prováděny inspekční kontroly typu kontrola těsnosti a kontrola odorizace. Pro kontrolu těsnosti jsou vydefinovány kategorie plynovodů, pro které jsou stanoveny četnosti této kontroly stanoveny dle toho, do jaké kategorie plynovod spadá.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

Kontrola těsnosti je prováděna na základě kategorií plynovodu. Kategorie jsou určeny především stářím, použitým materiálem a její lokalizací.

- I. Kategorie plynovodů (po opravě netěsnosti) - během 2 týdnů po poruše.
- II. Kategorie plynovodů (ocelové potrubí starší 25 let či kde se již vyskytla koroze) - 1x/6 měsíců.

⁵⁵ <http://statline.cbs.nl>

- III. Kategorie plynovodů (ocelové potrubí ve městě bez katodické ochrany (KO)) - 1x/rok.
- IV. Kategorie plynovodů (ocelové potrubí ve městě s KO, na okraji měst bez KO, PE potrubí v oblasti obydlí, PVC potrubí) - 1x/2 roky.
- V. Kategorie plynovodů (ocelové potrubí na okraji měst s KO, PE potrubí mimo obydlí - 1x/3 roky. Inspekce izolace zavíracích ventilů - 1x/rok.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola odorizace

Interval kontroly odorizace je zde určován dle technických pravidel na základě hustoty zalidnění v dané oblasti:

- město do 10. tis. obyvatel **1x/6 - 12 měsíců**
- město nad 10. tis. obyvatel **1x/3 měsíců**

Kategorie inspekční činnosti - Komplexní kontrola

Termín komplexní kontrola v pravidlech a interních předpisech neexistuje.

Kategorie inspekční činnosti - Diagnostika

Není obecně specifikovaná. Provádí ji provozovatele podle svých předpisů

Další inspekční činnosti

Mezi další prováděné inspekční činnosti patří například monitoring tlaku skrze telemechanický systém 1x/rok; kontrola posilovacích, blokových a domovních regulačních zařízení - dle potřeby.

Provozní revize

Institut provozní revize v Maďarsku neexistuje.

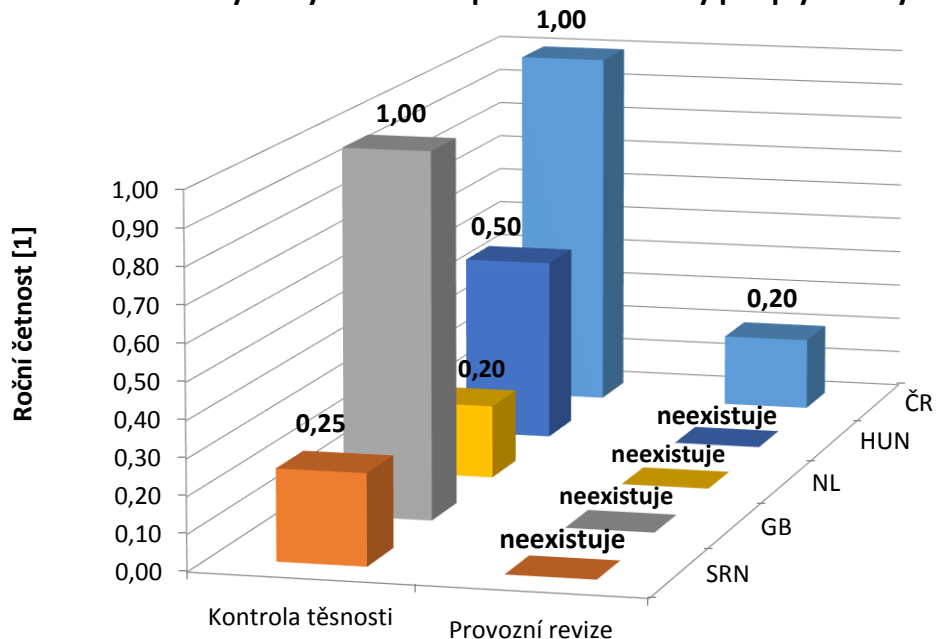
Údržba a opravy

Činnosti údržby a opravy jsou prováděny dle potřeby a po předchozích zkušenostech.

5.2.6. Porovnání ročních četností prováděné údržby na plynovodech do 4bar

Na grafu 4 je zachyceno porovnání vybraných činností údržby na plynovodech do 4 bar. Pro Velkou Británii je u kontroly těsnosti vybrána četnost pro její provádění v případě, že interval není stanoven na základě analýzy rizik, je možné interval prodloužit. Když porovnáme zahraniční provozovatele s Českou republikou tak je zde patrný prostor pro optimalizace údržby, pokud je použita údržba na základě technického stavu, respektující různé materiály plynovodů, jejich stáří a spolehlivost.

Porovnání vybraných četností prováděné údržby pro plynovody do 4bar



Graf 4 Porovnání ročních četností vybraných činností údržby pro plynovody do 4bar

Z analýzy je patrné, že legislativní rámec provozu a údržby v České republice je nejvíce konzervativní. Největší prostor pro optimalizaci činností v České republice a možná metodická standardizace je u kontroly těsnosti, komplexní kontroly a provozní revize. Při návrhu metodiky s ohledem na optimální proces údržby budou zohledněny parametry popisující technický stav plynovodu a jeho lokalizaci provozní tlak, materiál, stáří plynovodu, počet poruch případně jejich závažnost vztažená na jednotku délky, umístění plynovodu a to s hledem na zachování bezpečného a spolehlivého provozu.

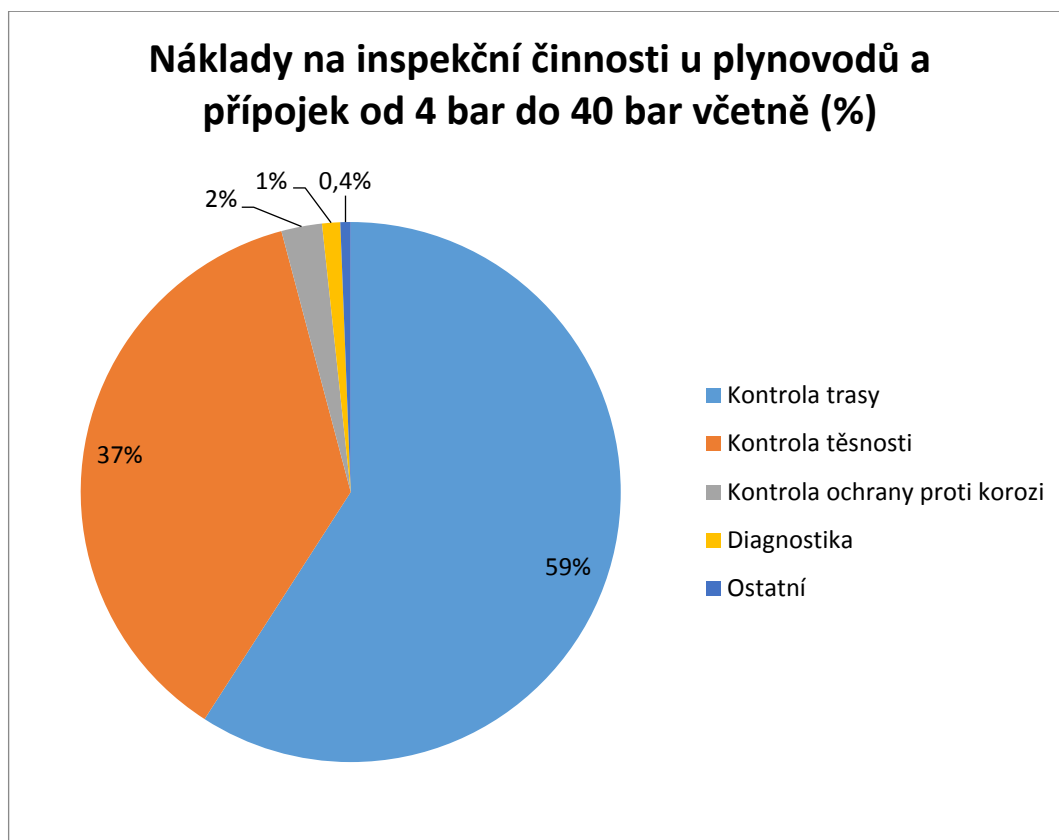
5.3. Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně

Na plynovodech a přípojkách s přetlakem plynovodech a přípojkách s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně jsou prováděny činnosti - inspekce, provozní revize a údržba a opravy.⁵⁶ Proto, abychom mohli určit které činnosti je vhodné z hlediska návrhu metodiky optimalizovat, byla provedena nákladová analýza jednotlivých činností prováděných na plynovodech a přípojkách této tlakové hladiny.

Cílem této analýzy je porovnat jak se liší aktivity prováděné na plynovodech ve vybraných státech, z čeho zkoumané aktivity vycházejí, jak a zda se odlišuje obsah a s jakou roční četností jsou v jednotlivých státech. Na grafu 5 je zachyceno procentuální rozložení nákladů

⁵⁶ Dle TPG 905 01

distribučních společností na jednotlivé inspekční činnosti prováděných na plynovodech a přípojkách s přetlakem nad 4 bar do 40 bar včetně.



Graf 5 Náklady na inspekční činnosti u plynovodů od 4 bar do 40 bar (%)⁵⁷

Z rozložení nákladů je patrné, že největší část prostředků je směřována na kontrolu trasy a kontrolu těsnosti. Tyto inspekční činnosti budou proto podrobeny detailnější analýze. Zde je přehled zkoumaných aktivity pro plynovody a přípojky od 4 bar do 40 bar včetně:

- Inspekční činnosti:
- Kontrola trasy;
- Kontrola těsnosti;
- Kontrola ochrany proti korozi;
- Provozní revize;
- Údržba a opravy.

⁵⁷ Z důvodu citlivosti dat jednotlivých provozovatelů distribučních soustav byl hodnoty stanoveny průměrem z několika společností. Data byla zkrslena aby je nebylo možné zneužít. Procentuální členění však reprezentuje poměry nákladů, které jsou na inspekční činnosti vynaložené. Informace o vynaložených prostředcích zahraničních provozovatelů nebyly k dispozici

V tabulce 7 je přehled zkoumaných aktivit. Část informací je doplněna na základě výstupů technických pravidel dané země a část informací je získána z empirického průzkumu, který byl v České republice a v zahraničí proveden.

Tab. 7 Přehled zkoumaných činností provozu a údržby plynovodů a přípojek s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně

Typ plynárenského zařízení	STÁT, PLYNÁRENSKÁ SPOLEČNOST		
	Činnost	Popis činnosti	Četnost činnosti
Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně	Inspekce	Kontrola trasy	Jaké jsou četnosti kontroly a co je jejím obsahem?
		Kontrola těsnosti	Jaké jsou četnosti kontroly a co je jejím obsahem?
	Provozní revize		Jak často je prováděna?
	Údržba a úpravy		Jaké jsou používané metody a z čeho se vychází?

5.3.1. Česká republika

Činnosti, které jsou provozovány na plynovodech a přípojkách s přetlakem nad 4 bary do 40 bar včetně jsou rozděleny podle části IV TPG 905 01 do tří skupin a to na inspekce, provozní revize a údržba a opravy. Jsou prováděny následující činnosti:

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

- Kontrola těsnosti je v České republice prováděna v sídlech **1x/4 měsíce**, mimo sídla **1x/rok**.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

- Kontrola trasy je v České republice prováděna **1x/4 měsíce**.

Další inspekční činnosti

- Mezi další inspekční činnosti patří například kontrola ochrany proti korozi.

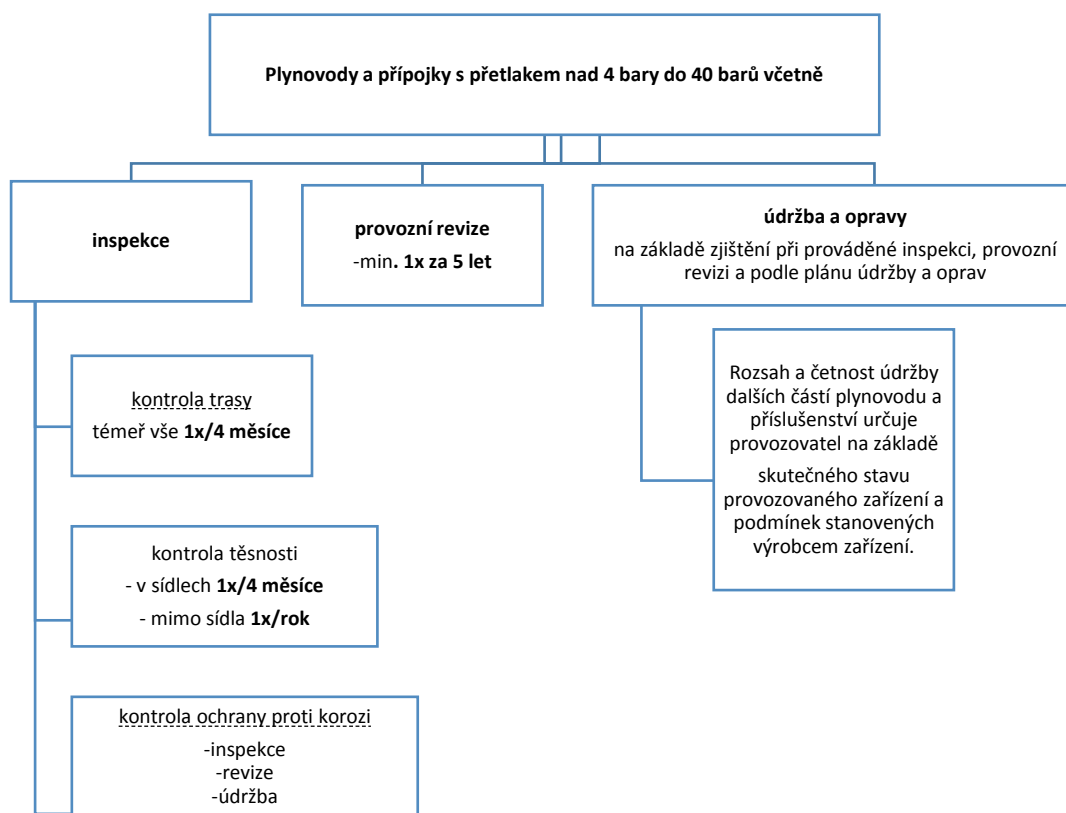
Provozní revize

- Provozní revize je prováděna v intervalu **min. 1x za 5 let**.

Údržba a opravy

- Údržba a opravy jsou prováděny a základě výsledků inspekce a provozní revize, dle plánu údržby a oprav.

Na obrázku 20 jsou zachyceny základní činnosti, které jsou prováděny na plynovodech a přípojkách s přetlakem nad 4 bary do 40 bar včetně. Kontrola těsnosti je prováděna podle TPG 913 01. Detailní popis jednotlivých činností je uveden v kapitole 2.4 údržba plynárenských zařízení.



Obr. 20 Základní činnosti prováděné v ČR na plynovodech a přípojkách od 4 bar do 40 bar včetně⁵⁸

5.3.2. Německo

Činnosti prováděné na plynovodech a přípojkách od 4 bar do 40 bar včetně vycházejí z pravidel DVGW která jsou minimálními požadavky na údržbu, podléhají souhrnnému posuzování a musí se realizovat ve vztahu k určitému typu plynárenského zařízení.

⁵⁸ Dle TPG 905 01

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

Kontrola těsnosti je zde prováděna podle stejných pravidel jako kontrola těsnosti u plynovodů a přípojek do 4 bar. Intervaly pravidelných kontrol těsnosti jsou závislé na provozních podmínkách a technickém stavu plynovodu (např. maximální provozní tlak a frekvence úniku) viz tab. 8. Kontrola těsnosti se dále dělí na kontrolu povrchu a kontrolu půdního vzduchu.

Tab. 8 Minimální časový interval pro kontrolu těsnosti dle pravidel DVGW

Četnost netěsností na 1 km	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1
Provozní tlak v barech	Období na jednu kontrolu [roky]		
≤ 0,1	6*	4	2
> 0,1 ≤ 1	4*	2	1
> 1	2*	1	0,5

* toto období přezkumu platí pouze pro PE potrubí a katodicky chráněné ocelové trubky

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

Kontrola trasy je prováděna pochůzkou, autem či letadlem. Pokud je plynovod vzdálen od budov do 20 metrů je potřeba provést kontrolu trasy chůzí alespoň 1x za rok po DVGW G 465-1 (Inspekce těsnosti), autem 1x za 2 měsíce a letecky 1x za měsíc.

V neobydlených oblastech se provádí kontrola trasy každé 4 měsíce chůzí nebo autem. Letecká kontrola každé dva týdny až měsíc, záleží na místních podmínkách (může být prodlouženo až na 2 měsíce, záleží na zkušenostech). Na trase jsou důležité body, které je zapotřebí kontrolovat osobně alespoň jednou za 6 měsíců.

Pokud jsou v oblasti plynovodu prováděny nějaké stavební či důlní práce je zapotřebí provádět kontrolu trasy i těsnosti. V případě důležitých bodů (trasové uzávěry) je nutné kontrolu trasy a těsnosti provádět každých 14 dní chůzí či autem, pokud je plynovod v oblasti do 20 metrů od budovy. Pokud jsou více než 20 metrů od budovy, tak musí kontrola probíhat alespoň 1 za měsíc. Pro nadzemní potrubí nesmí interval kontroly trasy překročit 2 roky.

Další inspekční činnosti

- Pro tuto tlakovou hladinu nejsou specifikovány další významné inspekční činnosti.

Provozní revize

- Institut provozní revize zde neexistuje.

Údržba a opravy

- Údržba a opravy jsou prováděny a základě výsledků inspekce, dle plánu údržby a oprav.

5.3.3. Velká Británie

Jak už bylo v předchozí kapitole uvedeno, ve Velké Británii se setkáváme s jiným rozdělením tlakových hladin (nejvyšší tlaková hladina je zde ≥ 16 bar)⁵⁹. Mezi činnosti prováděné na plynovodech s tlakem ≥ 16 bar spadají inspekce, údržba a nerutinní činnosti. Kontrola těsnosti a kontrola trasy patří v VB do kategorie, která má název dohled.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

Frekvence kontroly těsnosti by měla být nastavena pomocí přístupu založenému na analýze rizik, pokud to není možné, měla by být kontrola těsnosti prováděna:

- V místech kde byla instalována ochrana proti nárazu, v místech potrubí kde nemůže být prováděna vnitřní (vnější) inspekce - **1x za rok.**
- V místech s vysokou hustotou obyvatelstva, dopravy – **4 x za rok.**

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

Kontrola trasy je prováděna následujícími způsoby a to:

- **Letecká kontrola** – pokud není frekvence kontroly nastavena pomocí přístupu založeném na analýze rizik musí být prováděna **minimálně 1 za 14 dní.**
- **Pochůzková kontrola** - pokud není frekvence kontroly nastavena pomocí přístupu založeném na analýze rizik musí být prováděna **minimálně 1 za 4 roky.**

Další inspekční činnosti

Mezi další inspekční činnosti patří například průběžný monitoring technického stavu plynovodu. Pokud není frekvence nastavena pomocí přístupu založeném na analýze rizik musí být prováděna dle tab. 9.

⁵⁹ IGE/TD/3: Edition 4 Steel and PE pipelines for gas distribution

Tab. 9 Frekvence monitorování stavu v případě nepoužití analýzy rizik

Typ inspekce	Maximální délka intervalu mezi inspekce
Vnitřní	10 let
Povrchová - Pro potrubí na kterých je prováděna vnitřní inspekce	5 let
Povrchová - Potrubí, která nejsou předmětem vnitřní inspekce	5 let
Povrchová – Pro přidružené instalace	5 let
Hydrostatický test	20 let

Provozní revize

- Institut provozní revize zde neexistuje.

Údržba a opravy

- Mezi činnosti údržby patří zejména údržba signalizačních značek, údržba systémů protikorozní ochrany, ventilů (1x ročně) a pohonu ventilů (1x ročně), dálkově ovládaných ventilů (1x ročně). Míst pro vstup inspekčního zařízení (1x za 10 let).

5.3.4. Nizozemsko

V nizozemských společnostech provozující PZ se na plynovodech a přípojkách této tlakové hladiny provádí inspekce, která je dělena na vizuální a funkční inspekci. Nejčastěji je zde prováděna prediktivní údržba, dále je využívána preventivní údržba a údržba po poruše. Výsledky inspekce jsou zaznamenávané v systému managementu rizik. Základní činnosti prováděné inspekce jsou:

- Kontrola těsnosti
- Kontrola trasy

Kontrola těsnosti

Kontrola je prováděna na každé části sítě jednou za 5 let. Pokud se na trase objeví více než 3 úniky/km je nezbytné přijmout další opatření jako je snížení intervalu kontrol na 2 až 3 roky do doby než se sníží počet úniku pod 3 úniky/ km.⁶⁰

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

Kontrola trasy je realizována třemi způsoby a to:

- Letecká kontrola: 1x 14 dní
- Pojezdová kontrola: 1x14 dní
- Obchůzka s výkresem: 1x 4 roky

Další inspekční činnosti

- Pro tuto tlakovou hladinu nejsou specifikovány další významné inspekční činnosti.

Provozní revize

- Institut provozní revize zde neexistuje.

Údržba a opravy

- Údržba a opravy nejsou v technických pravidlech nijak specifikovány.

5.3.5. Mad'arsko

Na tomto typu přepravních plynovodů probíhá kontrola trasy a kontrola těsnosti. Lhůty těchto inspekcí jsou rozlišeny dle provozního tlaku.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

- Pro tlak od 4 do 16 bar je to 1x 6 měsíců. Pro tlak 16 až 40 bar je to 1x měsíc

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

- Pro tlak od 4 do 16 bar je to 1x 6 měsíců. Pro tlak 16 až 40 bar je to 1x měsíc

Další inspekční činnosti

- Pro tuto tlakovou hladinu nejsou specifikovány další významné inspekční činnosti.

Provozní revize

- Institut provozní revize zde neexistuje.

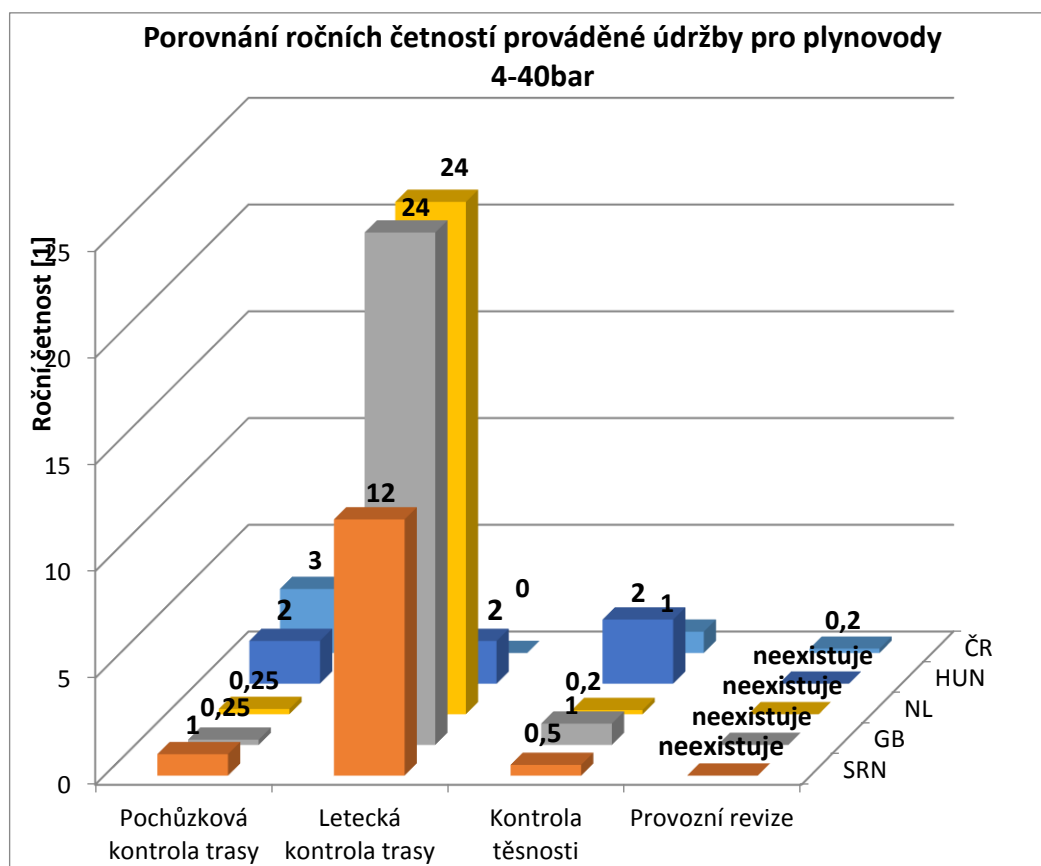
⁶⁰ Kontrola těsnosti vychází z nizozemského standardu NEN 7244

Údržba a opravy

Údržba a opravy jsou prováděny dle potřeby a po předchozích zkušenostech.

5.3.6. Porovnání ročních četností prováděné údržby pro plynovody 4-40bar

V grafu 6 jsou znázorněny vybrané činnosti údržby na plynovodech od 4 - 40bar. Činnosti byly mezi sebou porovnávány na základě výše uvedeného dělení. Byly porovnány činnosti, jako jsou kontrola těsnosti, kontrola trasy, další inspekční činnosti a provozní revize.



Graf 6 Porovnání ročních četností vybraných činností údržby pro plynovody 4-40 bar

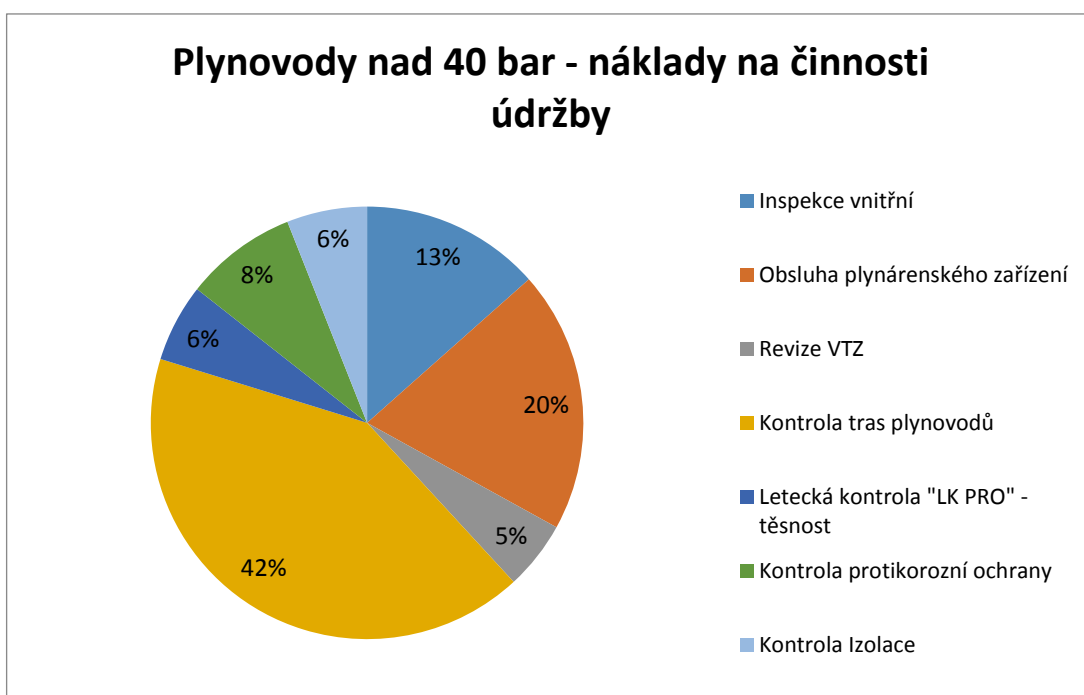
Je zde vidět, že v případě kontroly trasy pochůzkou u vybraných plynovodů jsou četnosti v Nizozemsku a Velké Británii až 12ti násobně nižší. U kontroly těsnosti až 5x nižší. Je nutné vzít v potaz, že nižší četnosti u zahraničních plynovodů pro kontrolu trasy pochůzkou jsou podloženy kontrolou trasy letecky ve lhůtě 1x za 14 dní, která v ČR není v této tlakové hladině předepsána.

5.4. Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně

Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 bar do 100 bar včetně mají ve své správě přepravní společnosti. Aktivita byly analyzovány tak, aby odpovídaly používanému dělení tlakových

hladin v ČR, ke kterému je prováděn benchmark. Proto, aby bylo možné určit které činnosti je vhodné z hlediska návrhu metodiky optimalizovat, byla provedena nákladová analýza jednotlivých činností prováděných na plynovodech a přípojkách této tlakové hladiny. Cílem této analýzy je porovnat jak se liší aktivity prováděné na plynovodech ve vybraných státech, z čeho zkoumané aktivity vycházejí, jak a zda se odlišuje obsah a s jakou roční četností jsou v jednotlivých státech. [66]

Z rozložení nákladů (viz graf 7) je patrné, že největší část vynaložených nákladů je směřována na kontrolu trasy. Tato inspekční činnost bude proto podrobena detailnější analýze.



Graf 7 Náklady na inspekční činnosti u plynovodů s přetlakem nad 40 bar do 100 bar včetně (%)⁶¹

Zde je přehled zkoumaných aktivity pro plynovody a přípojky od 40 – 100 bar včetně:

- **Inspekční činnosti:**
 - Kontrola trasy;
 - Kontrola těsnosti;
 - Kontrola podchodů vodních toků;
 - Vnitřní inspekce.

⁶¹ Z důvodu citlivosti dat jednotlivých provozovatelů distribučních soustav byl hodnoty stanoveny průměrem z několika společností. Data byla zkrácena aby nebylo možné zneužít. Procentuální členění však reprezentuje poměry nákladů, které jsou na inspekční činnosti vynaložené. Informace o vynaložených prostředcích zahraničních provozovatelů nebyly k dispozici.

- **Provozní revize**
- **Údržba a opravy**

V tabulce 10 je přehled zkoumaných aktivit. Část informací je doplněna na základě výstupů technických pravidel dané země a část informací je získána z empirického průzkumu, který byl v České republice a v zahraničí proveden.

Tab. 10 Aktivity zkoumané na plynovodech a přípojkách od 40 do 100 bar včetně

Typ plynárenského zařízení	STÁT, PLYNÁRENSKÁ SPOLEČNOST		
	Činnost	Popis činnosti	Četnost činnosti
Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně	Inspekce	Kontrola trasy	Jaké jsou četnosti kontroly a co je jejím obsahem?
		Kontrola těsnosti	Jaké jsou četnosti kontroly a co je jejím obsahem?
		Kontrola přechodů vodních toků	Jaké jsou četnosti kontroly a co je jejím obsahem?
		Kontrola těsnosti	Jaké jsou četnosti kontroly a co je jejím obsahem?
	Provozní revize		Jaký je interval provozní revize?
	Plánovaná údržba		Jak často a jakým způsobem je prováděná plánovaná údržba?
	Údržba dle stavu a opravy		Jaké jsou používané metody a z čeho se vychází?

5.4.1. Česká republika

Činnosti, které jsou provozovány na plynovodech a přípojkách s přetlakem nad 40 bar do 100 bar včetně jsou rozděleny podle části V TPG 905 01 do tří skupin a to na inspekce, provozní revize a údržby a opravy.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

- Kontrola těsnosti je v ČR prováděna **1x/měsíc**

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

- Kontrola trasy je prováděna dle vnitřních průměrů potrubí. Pro potrubí do DN 500 se kontrola provádí v intervalu **1x/4měsíce**, pro potrubí DN 500+ **1x/měsíc**.

Kategorie inspekční činnosti - Vnitřní inspekce

- Vnitřní inspekce je prováděna dle vnitřních průměrů potrubí. Potrubí do DN 300 včetně je doporučená vnitřní inspekce na základě hodnocení technického stavu.

Interval vnitřní inspekce je na zvážení provozovatele přepravní soustavy. Pro potrubí nad vnitřní průměr DN 300 je interval vnitřní inspekce stanoven min. **1x za 8 let**.

Další inspekční činnosti

- Mezi další inspekční činnosti patří například kontrola podchodů vodních toků. Pro potrubí do DN 500 se kontrola provádí v intervalu **1x/5 let**, pro potrubí DN 500+ **1x/3 roky**.

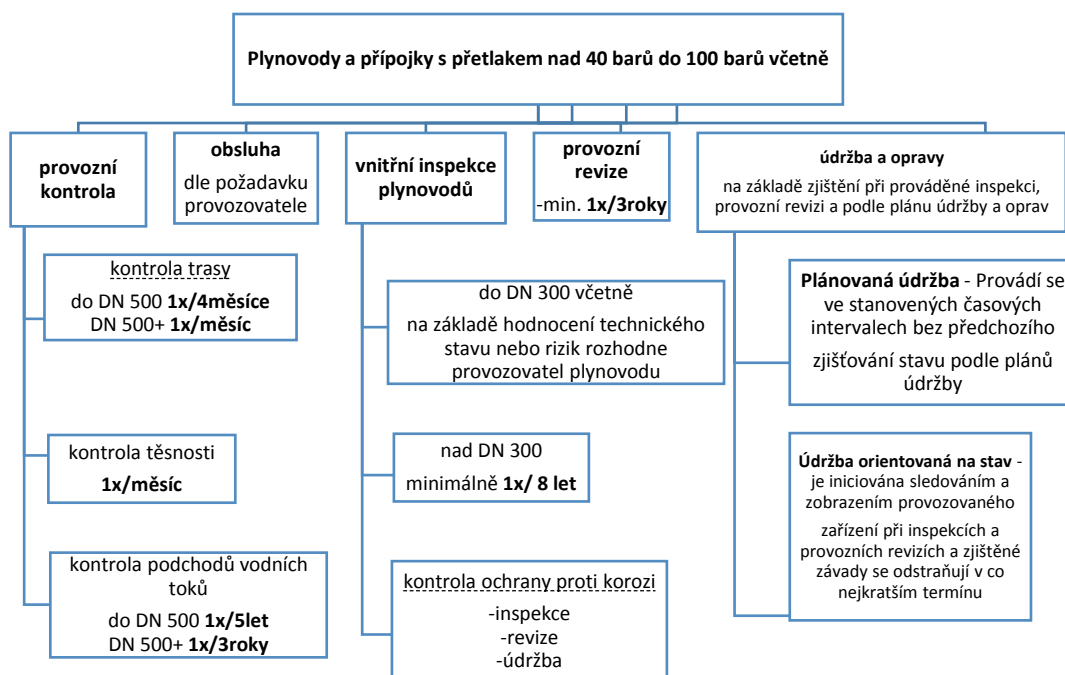
Provozní revize

- Provozní revize je prováděna v intervalu **min. 1x za 3 roky**

Údržba a opravy

- Údržba a opravy jsou prováděny a základě výsledků inspekce a provozní revize, dle plánu údržby a oprav.

Na obrázku 21 jsou zachyceny základní činnosti, které jsou prováděny na plynovodech a přípojkách s přetlakem nad 40 bar do 100 bar včetně. Detailní popis jednotlivých činností je uveden v kapitole 2.4 údržba plynárenských zařízení.



Obr. 21 Základní činnosti prováděné v ČR na plynovodech a přípojkách od nad 40 barů do 100 barů včetně⁶²

⁶² TPG 905 01

5.4.2. Německo

Provoz a údržba plynovodů a přípojek s přetlakem nad 40 barů je totožná se zařízeními od 4 do 40 bar.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

Kontrola těsnosti je zde prováděna podle stejných pravidel jako kontrola těsnosti u plynovodů a přípojek od 4 do 40 bar. Intervaly pravidelných kontrol těsnosti jsou závislé na provozních podmínkách a technickém stavu plynovodu (např. maximální provozní tlak a frekvence úniku) viz tab. 11. Kontrola těsnosti je dále rozdělena na kontrolu povrchu a kontrolu půdního vzduchu.

Tab. 11 Minimální časový interval pro kontrolu těsnosti dle pravidel DVGW

Četnost netěsností na 1 km	≤ 0,1	≤ 0,5	≤ 1
Provozní tlak v barech	Období na jednu kontrolu [roky]		
≤ 0,1	6*	4	2
> 0,1 ≤ 1	4*	2	1
> 1	2*	1	0,5

* toto období přezkumu platí pouze pro PE potrubí a katodicky chráněné ocelové trubky

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

Intervaly pravidelných kontrol trasy jsou závislé na provozních podmínkách a technickém stavu plynovodu (např. maximální provozní tlak a frekvence úniku). Její četnost je odvislá od toho jak daleko se nachází od sídel a jsou prováděny v oblasti důlní práce. Důležité body na trase jsou kontrolovány fyzicky alespoň 1x/6 měsíců a u nadzemních potrubí nesmí interval překročit 1x/2 roky.

Četnosti kontrol dle vzdálenosti od budov:

- do 20 m - pochůzka 1x/rok, auto 1x/2 měsíce, letecky 1x/měsíc.
- mimo obydlí - pochůzka či auto 1x/4 měsíce, letecky 1x/2 týdny až 2 měsíce.

Četnosti kontrol dle provádění stavebních či důlních prací v oblasti :

- do 20 m - pochůzka či auto 1x/2 týdny.
- mimo obydlí - pochůzka či auto 1x/měsíc.

Kategorie inspekční činnosti - Vnitřní inspekce

- Vnitřní kontrola inspekčním ježkem je nutná jen v případech podezření na porušení potrubí. Například při stavbách třetí stranou v okolí plynovodu.

Další inspekční činnosti

- Pro tuto tlakovou hladinu nejsou specifikovány další významné inspekční činnosti.

Provozní revize

- Institut provozní revize zde neexistuje.

Údržba a opravy

- Údržba a opravy jsou prováděny a základě výsledků inspekce, dle plánu údržby a oprav.

5.4.3. Velká Británie⁶³

Jak už bylo v předchozích kapitolách uvedeno, ve Velké Británii se setkáváme s jiným rozdělením tlakových hladin (nejvyšší tlaková hladina je zde ≥ 16 bar)⁶⁴. Mezi činnosti prováděné na plynovodech s tlakem ≥ 16 bar spadají inspekce, údržba a nerutinní činnosti. Kontrola těsnosti a kontrola trasy zde patří do kategorie, která má název dohled.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

Frekvence kontroly těsnosti by měla být nastavena pomocí přístupu založenému na analýze rizik, pokud to není možné, měla by být kontrola těsnosti prováděna:

- V místech kde byla instalována ochrana proti nárazu, v místech potrubí kde nemůže být prováděna vnitřní (vnější) inspekce. **1x za rok**
- V místech s vysokou hustotou obyvatelstva, dopravy – **čtvrtletně**

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

Kontrola trasy je prováděna následujícími způsoby:

- **Letecká kontrola** – pokud není frekvence kontroly nastavena pomocí přístupu založeném na analýze rizik musí být prováděna **minimálně 1 za 14 dní**.

⁶³ Díky tlakové hladině dělení plynárenských zařízení 16 bar je provoz a údržba plynovodů a přípojek s přetlakem nad 40 barů je totožná se zařízeními od 4 bar do 40.

⁶⁴ IGE/TD/3: Edition 4 Steel and PE pipelines for gas distribution

- **Pochůzková kontrola** - pokud není frekvence kontroly nastavena pomocí přístupu založeném na analýze rizik musí být prováděna **minimálně 1 za 4 roky**.

Kategorie inspekční činnosti - Vnitřní inspekce

- V technických pravidlech IGE není specifikováno.

Další inspekční činnosti

- Pro tuto tlakovou hladinu nejsou specifikovány další významné inspekční činnosti.

Provozní revize

- Institut provozní revize zde neexistuje.

Údržba a opravy

- Údržba a opravy jsou prováděny a základě výsledků inspekce, dle plánu údržby a oprav.

5.4.4. Nizozemsko

Na plynovodech a přípojkách této tlakové hladiny probíhají inspekční činnosti, které jsou zaměřeny na kontrolu trasy a kontrolu těsnosti.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

- Kontrola těsnosti se řídí stejným systémem, jaký mají plynovody a přípojky s přetlakem do 8 bar a do 16 bar včetně.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

Kontrola trasy je realizována třemi způsoby a to:

- Letecká kontrola: 1x 14 dní
- Pojezdová kontrola: 1x14 dní
- Obchůzka s výkresem: 1x 4 roky⁶⁵

Kategorie inspekční činnosti - Vnitřní inspekce

Intervaly Vnitřní inspekce jsou stanoveny na základě výsledků simulace pomocí počítačových softwarů.

⁶⁵ <http://www.enexis.nl/site/Images/PUBLICATIES%20Kwaliteits-%20en%20capaciteitsplan%20gas%202008-2014%20Deel%20B1.pdf>

Další inspekční činnosti

- Mezi další inspekční činnosti patří například test funkčnosti, který probíhá v intervalu **1x rok.**

Provozní revize

- Institut provozní revize zde neexistuje.

Údržba a opravy

- Údržba a opravy jsou prováděny a základě výsledků inspekce, dle plánu údržby a oprav.

5.4.5. Maďarsko

Na tomto typu přepravních plynovodů probíhají činnosti kontrola trasy a kontrola těsnosti.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola těsnosti

Intervaly nejsou specifikovány. Jsou stanoveny skrze aplikace diagnostických metod a jejich rozsah je určován ročně aktualizovaným systémem pro hodnocení rizika a podle vnitřních předpisů společnosti.

Kategorie inspekční činnosti - Kontrola trasy

Intervaly kontroly trasy nejsou specifikovány. Probíhají však pomocí poletových a pochůzkových kontrol kdy se sleduje technický stav potrubí. Intervaly jsou stanoveny stejně jako v případě kontroly těsnosti a to pomocí aplikace diagnostických metod. Jejich rozsah je určován ročně aktualizovaným systémem pro hodnocení rizika a podle vnitřních předpisů společnosti.⁶⁶

Kategorie inspekční činnosti - Vnitřní inspekce

- Oblast vnitřní inspekce není specifikována.

Další inspekční činnosti

- Oblast další inspekční činnosti není specifikována.

Provozní revize

⁶⁶ FGSZ „IG-UZ-17 Stanovení provozních rizik pro plynovody“, který obsahuje příslušné ustanovení. Další kontroly potrubí jako je např. kontrola katodické ochrany jsou definovány na základě inteligentních diagnostických kontrol. Jako softwarový nástroj slouží PIMS a geoinformační systém NYIR2. Konkrétní informace o jednotlivých lhůtách jsou obsaženy pouze v interních dokumentech společnosti.

- Institut provozní revize zde neexistuje.

Údržba a opravy

Systém údržby plynovodů s přetlakem nad 40 barů je založen na managementu životního cyklu (LCM), v rámci kterého je systém založen na kontrole technického stavu. Cílem LCM je zajistit plánovanou životnost potrubí a pokud je to možné prodloužit délku životnosti. Systém údržby je nastaven pro udržení technického stavu, kde cílem je zajistit dosažení plánované životnosti, případně její prodloužení. Rozhodující pro dosažení tohoto cíle jsou tři faktory: standardy při výrobě a konstrukci potrubí, vnitřní a vnější koroze a vnější vlivy (pohyb půdy, poškození potrubí třetí stranou).

5.4.6. Porovnání ročních četností prováděné údržby pro plynovody od 40 do 100 bar

Stejně jako na plynovodech od 4 do 40 bar patří mezi stěžejní činnosti prováděné na plynovodech nad 40 bar kontrola trasy, kontrola těsnosti (prováděné zejména leteckou kontrolou) a vnitřní inspekce. Vzhledem k tomu, že ve většině zkoumaných státech nejsou rozlišovány tlakové hladiny a aktivity jsou z velké části stejné jako u plynovodů od 4-40 bar je prostor pro optimalizaci činností podobný jako u této tlakové hladiny.

5.5. Shrnutí hlavních závěrů porovnání četností prováděné údržby

Jako nejpokročilejší přístup k systému údržby plynovodů a přípojek vyhodnocen přístup ve Velké Británii a Nizozemsku kde provoz a údržba odpovídá současným technologickým trendům a možnostem. Je zde aplikována údržba podle stavu, prováděná na základě předpovědi odvozené z opakované analýzy nebo ze známých charakteristik a vyhodnocení významných parametrů degradace objektu – tedy prediktivní údržba. Ta je využívána v rámci řízení spolehlivosti plynárenských zařízení, kde jsou aplikovány postupy údržby zaměřené na bezporuchovost tzv. Reliability Centred Maintenance (RCM). Klíčovými pojmy metodiky RCM jsou řízení rizik, analýza rizik.

Na základě poznatků výsledků analýzy provozu a údržby plynárenských zařízení v České republice a zahraničí bylo dospěno k závěru, že systém provozu a údržby v České republice je v porovnání s ostatními zahraničními společnostmi neefektivní. Neefektivita spočívá zejména v tom, že systém nezohledňuje technický stav, provozní podmínky zařízení ani vývoj nových technologií pro optimální provoz a údržbu. Výsledný systém údržby plynárenských zařízení je obecně vždy kombinací jednotlivých přístupů tedy představuje kombinaci údržby po poruše, preventivní údržby na základě

pevných časových intervalů, preventivní údržby na základě technického stavu zařízení (prediktivní údržby). Kdy podíl jednotlivých přístupů vždy vychází z předpokladu celkové ekonomické efektivity.

Z výsledků analýzy plynovodů a přípojek přípojky s přetlakem do 4 barů včetně je viditelný prostor pro optimalizaci provozu a údržby ve standardizaci a možnosti posílení údržby na základě technického stavu zařízení. Z analýzy je patrné, že legislativní rámec provozu a údržby je v České republice nejvíce konzervativní. Největší prostor pro optimalizaci činností u kontroly těsnosti, komplexní kontroly a provozní revize. Při návrhu metodiky s ohledem na optimální proces údržby budou zohledněny parametry popisující technický stav plynovodu a jeho lokalizaci provozní tlak, materiál, stáří plynovodu, počet poruch případně jejich závažnost vztažená na jednotku délky, umístění plynovodu a to s hledem na zachování bezpečného a spolehlivého provozu. U plynovodů a přípojek s přetlakem od 4 – 40 a u plynovodů nad 40—100 barů včetně nebyl nalezen potenciál pro výrazné optimalizace.

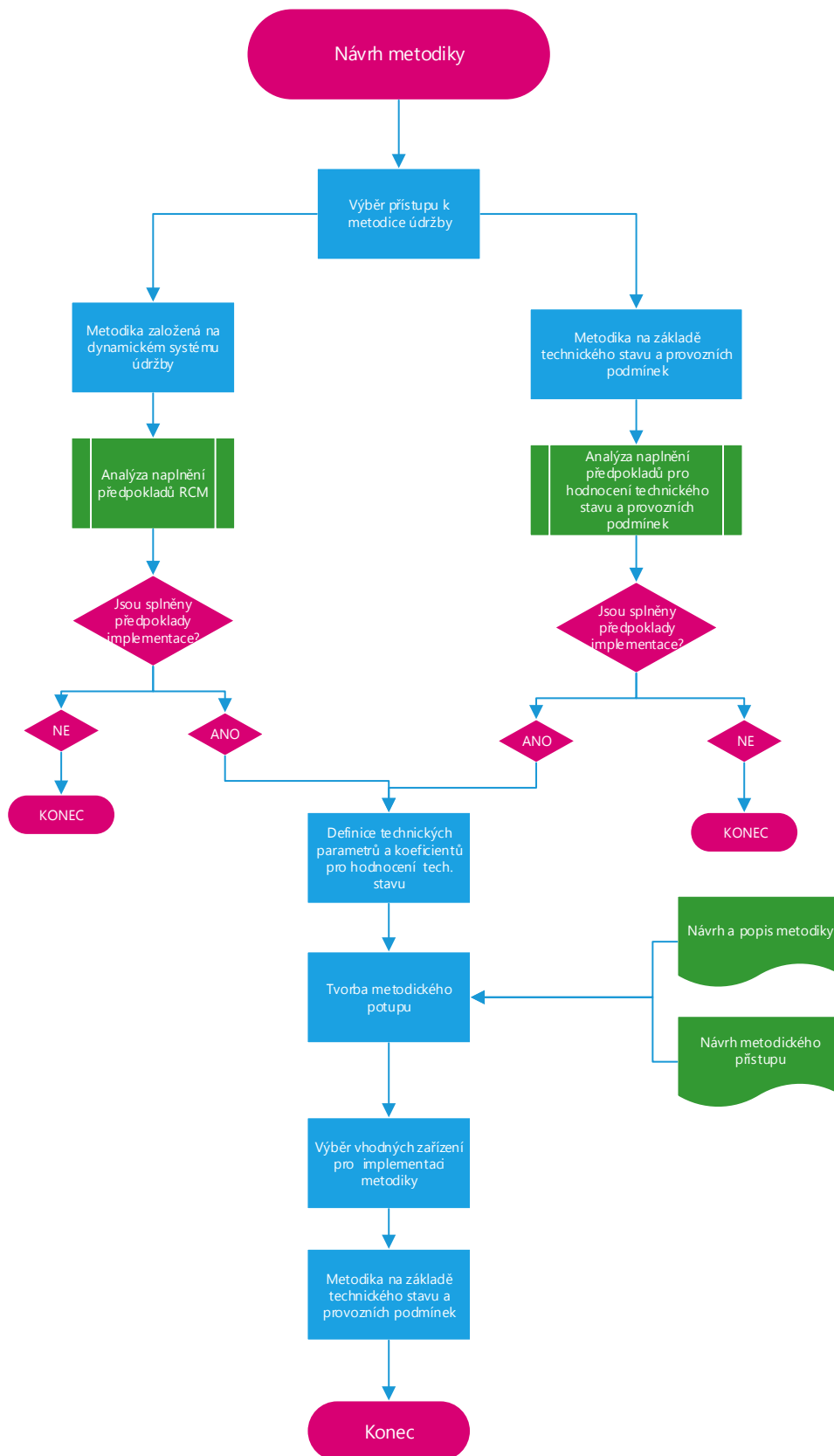
6. Metodika údržby na základě technického stavu a provozních podmínek

V předchozích kapitolách bylo zjištěno, že ve světě neexistuje jednotný pohled jak provádět údržbu plynárenských zařízení. Bylo identifikováno několik úzkých míst, pro které je možné nalézt řešení například v podobě návrhu nové metodiky údržby plynárenských zařízení. Na základě identifikace úzkých míst zkoumané problematiky se bude návrh metodiky údržby na základě technického stavu a provozních podmínek. **Cílem je tedy navrhnout metodiku pro hodnocení technického stavu plynárenských zařízení, která by umožňovala přizpůsobit intervaly inspekčních činností a kontrol dle technickému stavu plynárenských zařízení a která bude aplikovatelná v podmínkách provozovatelů plynárenských zařízení.** Metodika bude zaměřena na hledání optimálního stavu mezi dlouhodobým snižováním nákladů na údržbu a zajištěním spolehlivosti a bezpečnosti zařízení. Na obr. 22 je zachycen postup návrhu metodiky údržby plynovodů na základě technického stavu a provozních podmínek. Postup návrhu metodiky byl rozdělen do následujících kroků:

1. Výběr vhodného přístupu k údržbě.
2. Výběr a kvantifikace technických ukazatelů pro efektivní řízení údržby plynárenských zařízení se zaměřením na technický stav daného zařízení.
3. Návrh a popis metodiky optimalizace procesu údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin s ohledem na změny intervalů inspekčních činností na základě technického a provozního stavu plynovodů.
4. Návrh metodického přístupu k řešení dané problematiky.
5. Výběr vhodných zařízení pro implementaci navržené metodiky.

6.1. Výběr vhodného přístupu k údržbě

Zkoumané přístupy ke strategii údržby ukázaly, že zvolená strategie představuje jen určitý výběr ze známých systémů údržby a konkrétní aplikovaný přístup vždy závisí na charakteru objektu a konkrétních požadavcích uživatele. Obecně však platí, že ve většině případů konkrétní použitý systém údržby není vystavěn pouze na jednom z uvedených přístupů k údržbě. Zpravidla představuje účelovou kombinaci různých systémů údržby.



Obr. 22 Postup řešení problematiky údržby plynovodů na základě technického stavu a provozních podmínek

V prvním kroku výběru vhodného přístupu k údržbě bylo zvažováno, jakým směrem se bude metodika údržby vyvíjet. Byly zvažovány dvě varianty:

- I. Univerzální metodika založená na dynamickém systému údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin (založené na principu RCM, RBI).**
- II. Univerzální metodika založená na hodnocení technického stavu a provozních podmínek plynovodů a přípojek různých tlakových hladin.**

Pro výběr vhodného přístupu k údržbě byla stanovena omezující podmínka. Navržená metodika musí být obecně aplikovatelná a s co nejmenším dopadem na změnu procesu údržby, který je v plynárenských společnostech využívána.

6.1.1. Metodika založená na dynamickém systému údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin

Tento typ metodiky je založen na vyhodnocování stavu zařízení a rizika spojeného s jeho provozem. Pro řízení údržby plynovodů jsou podstatným faktorem intervaly inspekcí a dalších monitorovacích aktivit, ve kterých se sleduje stav zařízení. Tyto intervaly jsou v dynamickém programu údržby proměnné v závislosti na vyhodnocené úrovni rizika. Uvedené postupy jsou známy zpravidla pod názvem RBI (Risk Based Inspection) a jsou součástí tzv. PIMS (Pipeline Integrity Management System). Postup řízení je založen na hodnocení Safety Integrity Level (SIL). Výsledkem dynamického programu údržby je plán údržby, který je ekonomicky optimální vzhledem k odhadnuté úrovni rizika spojeného s provozem PZ. [18];[70]

Proto, aby bylo možné tento přístup obecně využít, je nutné naplnit níže uvedené předpoklady:

- Stanovení přijatelné úrovně rizika vyplývající z provozu plynovodů a přípojek pro bezpečnost a zdraví osob.
- Definování parametrů popisujících technický stav zařízení a jejich mezních hodnot.
- Systematické vyhodnocování parametrů. [70]

Stanovení přijatelné úrovně rizika

Základním předpokladem je stanovení přijatelné úrovně rizika pro bezpečnost a zdraví osob z provozu plynovodů. Tuto podmínku nespĺňuje úroveň legislativy ČR a není zakotvena v technických pravidlech oproti Nizozemsku, Velké Británii a Německu. Stanovení přijatelné úrovně zika pro bezpečnost a zdraví osob z provozu plynovodů by představovalo velmi náročné řešení s několika zainteresovanými stranami včetně odborníků na plynárenství. [74]

Definování parametrů popisujících technický stav zařízení a jejich mezních hodnot

Analýza a definování parametrů popisujících technický stav pro plynovody jsou předmětem obou uvažovaných přístupů k metodikám údržby. Pro aplikaci dynamického systému údržby

je nezbytným předpokladem definování mezního stavu zařízení. Příkladem mezního stavu založeného na jednom parametru je maximálně přípustný roční počet úniků plynu na 1 km trasy plynovodu nebo minimální tloušťka stěny potrubí. Se stanovením mezního stavu souvisí stanovení přípustné hodnoty rizika. Hodnota rizika je stanovena výpočtem ze znalosti roční četnosti úniků plynu na 1 km, rozložení obyvatelstva a objektů v okolí plynovodu a následků úniku. Dalším rozměrem k vyjádření mezního stavu zařízení jsou přípustné finanční náklady, které ještě umožňují jeho ekonomicky efektivní provozování.

Systematické vyhodnocování parametrů

Dalším předpokladem je systematické vyhodnocování technických parametrů, tak aby byla známa jejich hodnota a vývoj v čase. Důležité je stanovení nejistoty, s jakou jsou parametry vyhodnoceny. Pro systematické vyhodnocování je třeba pořízení softwaru, který je schopen stanovovat nejistoty například formou in-line inspekce. Tento předpoklad je zásadní pro zamítnutí tohoto směru vybrané metodiky údržby. U nízkotlakých a středotlakých plynovodů v podmínkách České republiky není možné systematicky vyhodnocovat technické parametry a stanovovat míru nejistoty z in-line inspekce. Většina provozovatelů nemá tyto požadované hodnoty k dispozici a jejich vyhodnocování by bylo extrémně náročné. Většina provozovatelů tedy nemůže in-line inspekci na těchto plynovodech využít. Je to dáno zejména vysokým stářím plynovodů. [71]

Dílčí závěr

Využití metodiky založené na dynamickém systému údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin se ukázalo pro potřeby naplnění cílů disertační práce jako nevhodné. Důvodem je nemožnost splnění obecných předpokladů dynamického programu údržby a následně i omezující podmínky obecně aplikovatelné metodiky. Zásadními faktory jsou náročnost stanovení přijatelné úrovně rizika provozování plynovodů a přípojek a dále systematické vyhodnocování technických parametrů v kombinaci se stanovováním nejistoty.

6.1.2. Metodika údržby na základě technického stavu a provozních podmínek

Tento typ metodiky je založen na vyhodnocování technického stavu zařízení s možností prodloužení inspekčních intervalů na daném typu plynovodu. V tomto typu údržby jsou prováděny preventivní zásahy na základě zjištěného technického stavu. Předpokládá se zvládnutí a používání metod technické diagnostiky, které umožňují průběžné monitorování technického stavu plynovodu. Jedná se buď o využití trvalé diagnostiky (dálkové sledování), nebo periodického monitorování technického stavu prostředky externí technické diagnostiky. Hlavní výhodou tohoto systému je, že snižuje četnost provádění zbytečných údržbářských

zásahů, což má příznivý dopad na náklady vynaložené ve spojitosti s údržbou. Na druhou stranu nevýhodou pak mohou být relativně vysoké náklady spojené se zajištěním průběžného nebo periodického sledování technického stavu plynovodu. Pro provozování plynárenských zařízení jsou důležitým hlediskem mimo vlastního technického stavu i provozní podmínky, které mohou ovlivňovat např. četnosti jednotlivých inspekčních činností. Mezi základní parametry popisující technický stav, které by měly ovlivňovat četnost činností provozu a údržby na plynovodech jsou zejména provozní tlak, četnost netěsností vztažená na jednotku délky, závažnost závad, použitý materiál a stáří plynovodu. Na základě výstupů provedeného průzkumu mezi provozovateli plynárenských zařízení byly identifikovány oblasti pro optimalizaci inspekčních činností. Největší prostor využití této metodiky na místo využívání údržby ve fixních intervalech se jeví u kontroly těsnosti plynovodů a přípojek do 4 bar včetně. Lhůty pro provádění kontroly těsnosti by měly vycházet z následujících parametrů popisujících technický stav plynovodu a jeho lokalizaci:

- provozní tlak;
- materiál;
- stáří;
- počet poruch případně jejich závažnost vztažená na jednotku délky;
- umístění.

Kritériem optimalizace je bezpečnost provozování plynovodu (dodávky, životní prostředí, lidské životy, aj.). Detailní popis metodologie hodnocení technického stavu plynovodů je popsán v následujících kapitolách, které jsou metodice věnovány. [63]

6.1.2.1 Cíl metodiky

Metodika umožňuje zohlednění technického stavu zařízení při definování četnosti inspekčních činností na daném typu plynovodu. Uvedená metodika slouží jako obecně platný návod na údržbu plynovodů a přípojek různých tlakových hladin.

- Navržená metodika je chápána jako dílčí část celého procesu údržby provozovatele plynárenských zařízení.
- Jedná se o kombinaci přístupů k údržbě - údržba po poruše, preventivní údržby na základě pevných časových intervalů, preventivní údržby na základě technického stavu zařízení (prediktivní údržby). Není to tedy pouze jeden typ přístupu k údržbě.
- Při plánování činností zohledňuje technický stav zařízení.
- Efektivně vynakládá náklady na provoz a údržbu.

- Využívá technologických nástrojů (např. monitoring stavu, RBI apod.) a jejich výsledky jsou pravidelně vyhodnocovány a využívány při plánování inspekčních činností.
- Lhůty pro provádění činností jsou stanoveny vždy v mezích intervalu, ve kterém je možné se se při návrhu inspekčních činností pohybovat.
- Pracovníci údržby využívají informace o technickém stavu sledovaného zařízení. Mezi sledované parametry by měly patřit například provozní tlak, materiál, stáří plynovodu, přídavná zatížení, korozní agresivita půdy, počet poruch případně jejich závažnost vztážená na jednotku délky, umístění plynovodu a to s hledem na zachování bezpečného a spolehlivého provozu.
- Provozovatel v rámci ní využívá moderní technologie pro diagnostiku a plánování údržbových činností.
- Provozovatel využívá uvedenou metodiku s ohledem na legislativní omezení dané země.

6.1.2.2 Předpokládaná oblast uplatnění metodiky

Metodiku lze aplikovat na plynovody dle dělení TPG 905 01:

- **Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně;**
- **Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně;**
- **Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 bar včetně.**

Metodiku lze aplikovat i na plynovody dle dělení nízkotlaké, středotlaké a vysokotlaké plynovody. Toto dělení je uvedeno zejména z toho důvodu, že v zahraničí se setkáváme s odlišnou terminologií členění plynovodů.

6.1.2.3 Co není součástí navržené metodiky

Metodika není určena pro jiné typy plynových a plynárenských zařízení, mezi které patří například regulační stanice, předávací stanice, hraniční a vnitrostátní měřicí stanice a měřicí zařízení a další. Metodiku lze aplikovat pouze tam, kde jsou splněny uvedené předpoklady a je zde dostupná potřebná datová základna (viz kapitola 6.1.2.14).

6.1.2.4 Role a zodpovědnosti

Proto, aby bylo možné tuto metodiku udržovat, aktualizovat a rozvíjet, je nutné vydefinovat role a jejich odpovědnosti. Zpravidla bývá vydefinovaná role vlastníka procesu a tvůrce procesu. Vlastník procesu metodiky údržby dle technického stavu plynovodu by měl být manažer na liniové úrovni. V tomto případě je vhodným vlastníkem manažer údržby.

Designérem procesu by měl být pracovník, který se zabývá implementací metodických pokynů z oblasti údržby. Třetí rolí, kterou je vhodné do procesu zapojit, jsou samotní pracovníci údržby neboli řešitelé.

- **Vlastník procesu** - Manažér údržby – zodpovědnost za plnění a vyhodnocování výsledků; schvalování změn.
- **Designér procesu** – Metodik údržby – zodpovědnost zpracování změn (technický, legislativních, aj.) do metodiky údržby; školení pracovníků údržby, hmatatelná podpora pro danou aktivitu.
- **Řešitelé** - Inspekční technici – zodpovědnosti pracovníků údržby, povinnosti týkající údržby a aplikace metodiky na plynovodech a přípojkách.

6.1.2.5 Dokumentace k metodice

Pro zavedení metodiky musí být zpracované požadavky na interní dokumentaci, návody a následně vytvořeny šablony pro technické pracovníky údržby vykonávající inspekční činnost. Doporučená je následující dokumentace:

- Interní směrnice pro metodiku hodnocení plynovodů na základě technického stavu a provozních podmínek – platnost: oblast použití; pravidla pro provádění změn v metodice.
- Pravidla pro aplikaci metodiky – definice požadovaných činností, role a odpovědnosti. Nastavení pravidel pro monitoring technického stavu zařízení, které bude vycházet z technických pravidel. Nastavení pravidel pro vyhodnocení získaných údajů a následný reporting na pracovníky údržby.
- Šablony pro evidenci hodnocení technického stavu daného zařízení – budou sloužit pro prováděcí techniky.

6.1.2.6 Rizika

Provádění údržby na základě technického stavu s sebou nese rizika, která je nutné pravidelně aktualizovat, vyhodnocovat a hledat nápravná opatření. V rámci této oblasti je tedy potřeba možná rizika nejprve identifikovat, určit jejich dopady (kvalita, časování, finance, bezpečnost, aj.) a následně navrhnout jejich mitigaci. Rizika, se kterými se v oblasti údržby na základě hodnocení technického stavu a provozních podmínek můžeme setkat, budou mít například souvislost se zajištěním průběžného nebo periodického sledování technického stavu plynovodu. Rizikové mohou být i požadavky na zajištění lidských zdrojů, které se budou vyhodnocování procesu věnovat.

6.1.2.7 Metriky

Metodika údržby měla být posuzovaná i s ohledem na funkčnost daného procesu. Zde jsou návrhy možných rozdělení metrik a ukazatelů:

- **Metriky a ukazatele pro proces metodiky hodnocení technického stavu plynovodů** – manažerský pohled.
- **Metriky a ukazatele pro aplikaci navržené metodiky** – technická implementace.

Metriky a ukazatele - manažerský pohled.

Touto oblastí návrhu rozumíme metriky, které slouží pro potřeby manažerského reportingu. Podávají statistickou a operativní informace o tom, v jakém stavu jsou sledované plynovody. Metriky vhodné pro sledování jsou například⁶⁷:

- Počet provozovaných úseků plynovodů. Počet nově vystavěných a počet plánovaných km výstavby nových plynovodů.
- Náklady na běžnou údržbu vs. náklady na údržbu podle technického stavu za stanovený časový interval.
- Počet plánovaných zásahů vs. počet zásahů prováděných dle údržby podle technického stavu
- Statistika incidentů na plynovodech – počty incidentů způsobené technickým stavem zařízení; počty incidentů způsobné zásahy třetí stranou.
- Rizikovost oblastí, ve kterých se provozované plynárenské zařízení nachází – vývoj hustoty obyvatel, ochranných pásem, apod.

Metriky a ukazatele pro aplikaci navržené metodiky – technická implementace

Toto oblastí se rozumí metriky, které přímo souvisí s metodologií údržby technického stavu zařízení. Vycházejí z ní a následně určují požadavky na její implementaci. Konkrétně definují požadavky na datovou základnu, která je uvedena v kapitole požadavky na implantaci metodiky. Patří sem tedy ukazatele, které se týkají technického stavu plynovodu (např.: stáří plynovodu; četnost úniků na km plynovodu; materiál; aj.).

6.1.2.8 Metodologie hodnocení technického stavu plynovodů

V této kapitole jsou vydefinovány vhodné technické parametry a ukazatele, které byly validovány a následně odsouhlaseny ve spolupráci s experty Českého plynárenského svazu (dále jen ČPS). Tyto parametry v sobě zahrnují nejen informace technického charakteru popisující skutečný technický stav daného zařízení, ale i další informace charakteristické pro

⁶⁷ Metriky je vhodné upravit podle prostředí a požadavků provozovatele plynárenských zařízení.

provozní kontext daného zařízení, které jsou pro správnou volbu typu a četnosti údržby neméně důležité. Je zde uveden návrh koeficientu K, který je klíčový pro stanovení doporučeného intervalu četnosti inspekčních činností. Následně jsou zde uvedena rozhodovací kritéria pro volbu koeficientu K.

Výběr a kvantifikace technických ukazatelů

Pro hodnocení technického stavu a provozních podmínek plynovodů různých tlakových hladin byly nadefinovány parametry, kterými je možné popsat jejich technický stav a další důležité provozní skutečnosti. Parametry byly validovány a následně odsouhlaseny ve spolupráci s experty ČPS. Samotný výběr a kvantifikace technických ukazatelů vycházel z několika pracovních workshopů s pracovníky ČPS. Postup kvantifikace probíhal tak, že se nejprve shromáždily všechna dostupná sledovaná, požadovaná⁶⁸ data o plynovodech a přípojkách uvedených tlakových hladin (viz obr. 23). Následně proběhla analýza, na základě, které bylo určeno, které informace o plynovodu tvoří minimální požadavky na co nejpřesnější zhodnocení technického stavu. Každý ukazatel byl podroben zkoumání.

⁶⁸ Například z technických pravidel TPG

Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně	Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně	Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně
<ul style="list-style-type: none"> • Geografické vlivy • Hustota osídlení • Cizí sítě • Územní plán města • Důležitost pro zásobování • Doprava • Zástavba • Vnější vlivy • Podloží • Kvalita uložení • Kdo kope okolo (PVK, obyvatelé, apod.) • Korozní prostředí • Bludné proudy - vliv • Vzdálenost od železnice - ovlivnění střídavým napětím • Využíváno pro svítiplyn • Znečištění plynovodu • Vnější ochrana potrubí • Technické vlivy • Výrobce a rok výroby • Materiál – rok výroby • Četnost úniků • Historie vnitřní inspekce • Svary • Spoje • Izolace – druh, počet vad • Izolace potrubí, armatur • Účinnost PKO • Počet chrániček • Četnost poruch • Změny provozního tlaku • aj. 	<ul style="list-style-type: none"> • Geografické vlivy • Hustota osídlení • Cizí sítě • Územní plán města • Důležitost pro zásobování • Doprava • Zástavba – vedení pod stavbami aj. • Vnější vlivy • Podloží • Kvalita uložení • Kdo kope okolo (PVK, obyvatelé, apod.) • Korozní prostředí • Bludné proudy - vliv • Vzdálenost od železnice - ovlivnění střídavým napětím • Využíváno pro svítiplyn • Znečištění plynovodu • Vnější ochrana potrubí • Technické vlivy • Výrobce a rok výroby • Materiál – rok výroby • Četnost úniků • Historie vnitřní inspekce • Svary • Spoje • Izolace – druh, počet vad • Izolace potrubí, armatur • Účinnost PKO • Počet chrániček • Četnost poruch • Změny provozního tlaku • aj. 	<ul style="list-style-type: none"> • Geografické vlivy • Hustota osídlení • Cizí sítě • Územní plán města • Důležitost pro zásobování • Doprava - železnice • Zástavba • Vnější vlivy • Podloží • Kvalita uložení • Kdo kope okolo (PVK, obyvatelé, apod.) • Korozní prostředí • Bludné proudy - vliv • Vzdálenost od železnice - ovlivnění střídavým napětím • Využíváno pro svítiplyn • Znečištění plynovodu • Vnější ochrana potrubí • Technické vlivy • Výrobce a rok výroby • Materiál – rok výroby • Četnost úniků • Historie vnitřní inspekce • Svary • Spoje • Izolace – druh, počet vad • Izolace potrubí, armatur • Účinnost PKO • Počet chrániček • Četnost poruch • Změny provozního tlaku • aj.

Obr. 23 Příklad zkoumaných parametrů pro popis technického stavu plynovodu

Po-té co expertní tým v čele s předními odborníky na oblast plynárenství vydefinoval minimální datovou základnu, proběhla analýza struktury a dostupnosti dat u jednotlivých provozovatelů plynárenských zařízení.

Mezi základní parametry popisující technický stav, které by měly ovlivňovat četnost činností provozu a údržby na plynovodech byly vybrány zejména provozní tlak, četnost netěsností vztažená na jednotku délky, závažnost závad, použitý materiál a stáří plynovodu. Dále je nutné zvážit obsahovou náplň jednotlivých činností a věnovat pozornost jejich optimalizaci.

Těmto parametrům bylo přiřazeno bodové hodnocení na stupnici 0-5 bodů, kde 0 představuje z hlediska provozu zařízení nejlepší stav a 5 naopak stav nejméně příznivý. Jednotlivým parametrům je přiřazeno váhové ohodnocení, které odráží důležitost tohoto parametru, tedy jeho potenciální vliv na četnost prováděných inspekčních činností.

Vynásobením bodového ohodnocení příslušného parametru přiřazenou váhou a následujícím součtem těchto násobků přes všechny kategorie parametrů, získáme hodnotu ukazatele, který charakterizuje celkový stav daného zařízení.

Tento ukazatel je nazván TS (ukazatel technického stavu). Tento ukazatel může nabývat hodnot od 0-5 bodů, kde 0 představuje z hlediska údržby nejpříznivější situaci a hodnota 5 situaci nejméně příznivou.

$$TS = \sum_{i=1}^n \text{Parametr}_i \times \text{Váha}_i; TS \in < 0; 5 >;$$

(0 – nejlepší technický stav, 5 – nejhorší technický stav)

Na základě hodnoty tohoto ukazatele je možné rozdělit příslušná zařízení do n - jednotlivých kategorií, pro které bude možné odlišit četnosti prováděných inspekčních činností (viz tab. 12).

Tab. 12. Ukázka možného dělení zařízení do 3 kategorií na základě jejich technického stavu a provozních podmínek

TS	< 0; 1,5)	< 1,5; 3,5)	< 3,5; 5>
K	0,5	1	1,5

Hodnoty koeficientu K a počty intervalů ukazatele technického stavu a provozních podmínek se budou lišit dle konkrétního typu plynovodu a jednotlivých inspekčních činností. Poté bude možné četnost vybrané inspekční činnosti doposud prováděné s jednotnou lhůtou např. 1x za 3 roky upravit na **1xK** za 3roky. To nám v nejlepším případě umožní provádět danou činnost 0,5x za tři roky (tedy jednou za 6 let) a v nejméně příznivém případě 1,5x za 3 roky (tedy 1x za 2 roky). [75]

Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně

V rámci provozu a údržby plynovodů a přípojek s přetlakem do 4 bar včetně bylo zjištěno, že zcela zásadní vliv na technický stav má použitý materiál. Proto jsou v tomto bodě plynovody rozděleny na ocelové a z polyetylenu. Na obr. 24 jsou zobrazeny vybrané parametry popisující stav a provozní podmínky posuzované části ocelového plynovodu s přetlakem do 4 bar včetně. U každého z těchto parametrů je uveden popis stavu s přiřazením příslušného počtu bodů a

současně váhy v procentech vyjadřující míru vlivu daného parametru na četnost základních inspekčních činností. Součet vah za všechny parametry vychází 100 %. Aplikace metodiky na vybraná zařízení je uvedena v kapitole 7.

Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně (ocel)								
Parametr	Počty bodů						Váhy v %	Poznámka
	0	1	2	3	4	5		
Přidavné zatížení plynovodu (poddolované území, sesuvy)	Trasa je vedena mimo sesuvná nebo poddolované území	X	X	X	X	X	15	Bude se hodnotit zda je nebo není plynovod v poddolovaném území
Korozní agresivita půdy	Pro $p_r < 97 \Omega m$	X	X	Pro $P_r \leq 97 \Omega m$ Pro $P_r \geq 22 \Omega m$	X	X	5	Vychází z hodnocení TPG 700 02 článek 4.2.4 analogie s hodnocením dle přílohy č. 1. – P4
Intenzita bludných proudů - proudová hustota ss proudů	Průměrná hustota bludných proudů v půdě $< 20 mA/m^2$	X	X	Průměrná hustota bludných proudů v půdě $20 - 100 mA/m^2$	X	Průměrná hustota bludných proudů v půdě $> 100 mA/m^2$	10	Vychází z hodnocení TPG 700 02 článek 4.2.5
Stupeň korozního napadení	Povrch bez koroze	Povrchová koroze (bez měřitelné hloubky, nálet korozních zplodin)	Plošná koroze o hloubce $< 1 mm$	Dělková koroze s délkou do hloubky $< 1 mm$	Plošná koroze o hloubce $> 1 mm$	Dělková koroze s délkou do hloubky $> 1 mm$, kombinovaná plošná a dělková koroze, plošná koroze $> 100 cm^2$	10	Vychází z hodnocení TPG 700 02 článek 4.3.3
Stáří plynovodu	0-9 let	10-19 let	20 - 29 let	30 - 39 let	40 - 49 let	50 a více let	20	Vychází ze statistik používaných materiálů a četnosti vad
Četnost úniků	Bez evidovaných úniků	$\leq 0,1/km/$ posledních 10 let	$>0,1/km \leq 0,3 /km/$ posledních 10 let	$>0,3/km \leq 0,5/km/$ posledních 10 let	$>0,5/km \leq 1/km/$ posledních 10 let	$> 1/km/$ posledních 10 let	40	Do tohoto hodnocení nepatří úniky způsobené třetí stranou

Rozhodovací kritérium	Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně (ocel)
Plynovod je veden v sídlech	ano/ne
Plynovod je veden v kolektorech	ano/ne



Volba koeficientu K pro údržbu na základě technického stavu a provozních podmínek

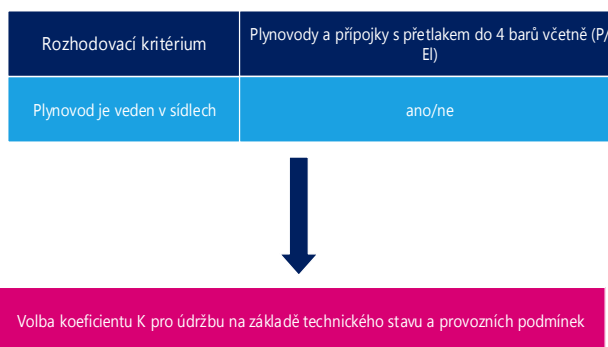
Obr. 24 Hodnotící kritéria pro ocelové plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně⁶⁹

⁶⁹ V poznámce jsou uvedené informace o parametrech – důvody, best practices, případně kde nalezneme technický popis. Může být upraveno podle požadavků provozovatelů plynovodů.

Rozhodujícími kritérii pro velikost koeficientu K v případě ocelových plynovodů s přetlakem do 4 bar včetně je to, zda je plynovod veden v sídlech nebo mimo sídla, či zda je v kolektorech.

Na obr. 25 jsou, pospány vybrané parametry popisující technický stav a provozní podmínky posuzované části plynovodu s přetlakem do 4 bar včetně vyrobeného z polyetylenu. Rozhodujícím kritériem pro volbu parametru K, který má přímou návaznost na stanovení intervalů inspekčních činností, je vedení plynovodů v sídlech nebo mimo sídla.

Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně (PE)								
Parametr	Počty bodů						Váhy v %	Poznámka
	0	1	2	3	4	5		
Přídavné zatížení plynovodu (poddolované území, sesuvy)	Trasa je vedená mimo sesuvná nebo poddolované území	X	X	X	X	Trasa je vedená sesuvná nebo poddolované území	15	Bude se hodnotit zda je nebo není plynovod v poddolovaném území
Kvalita materiálu	MRS 100	X	MRS 80	X	X	MRS 63	10	Na základě best practices z provozu
Stáří plynovodu	0-9 let	10-19 let	20 - 29 let	30 - 39 let	40 - 49 let	50 a více let	20	Vychází ze statistik používaných materiálů a četnosti vad
Četnost úniků	Bez evidovaných úniků	$\leq 0,1/\text{km}/$ posledních 10 let	$>0,1/\text{km} \leq 0,3 /\text{km}/$ posledních 10 let	$>0,3/\text{km} \leq 0,5/\text{km}/$ posledních 10 let	$>0,5/\text{km} \leq 1/\text{km}/$ posledních 10 let	$>1/\text{km}/$ posledních 10 let	45	Do tohoto hodnocení nepatří úniky způsobené třetí stranou



Obr. 25 Hodnotící kritéria pro plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně - PE⁷⁰

⁷⁰ Ve sloupci poznámka jsou uvedené informace o parametrech – důvody, best practices, případně kde nalezneme technický popis. Může být upraveno podle požadavků provozovatelů plynovodů.

Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně

Na obr. 26 jsou zobrazeny vybrané parametry popisující technický stav a provozní podmínky posuzované části plynovodu nad 4 do 40 bar včetně. Rozhodujícími kritérii pro volbu koeficientů K jsou informace o vedení plynovodu v sídlech a o narušení ochranných a bezpečnostních pásem nepovolenou stavbou.

Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně								
Parametr	Počty bodů						Váhy v %	Poznámka
	0	1	2	3	4	5		
Přidavné zatížení plynovodu (poddolované území, sesuvy)	Trasa je vedena mimo sesuvná nebo poddolované území	X	X	X		X	15	Na základě evidence přidavných zařízení
Intenzita bludných proudů - proudová hustota ss proudů	Průměrná hustota bludných proudů v půdě < 20 mA/m ²	X	X			X	10	Vychází z hodnocení TPG 700 02 článek 4.2.5
Účinnost APKO - celková doba provozu plynovodu bez dostatečné APKO	0-3 měsíce	4-6 měsíců	7-12 měsíců	>1 rok – 2 roky	> 2 – 3 roky	> 3 roky	15	Vychází z TPG 920 20-23
Četnost úniků	Bez evidovaných úniků	Evidované úniky, žádný však v období 5 let	X	≤ 2/ 10 km/ posledních 5 let	X	>2/10 km/ posledních 5 let	40	Do tohoto hodnocení nepatří úniky způsobené třetí stranou
Stáří plynovodu	0-9 let	10-19 let	20 - 29 let	30 - 39 let	40 - 49 let	50 a více let	20	Vychází ze statistik používaných materiálů a četnosti vad

Rozhodovací kritérium	Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně
Plynovod je veden v sídlech	ano/ne
Narušení ochranných a bezpečnostních pásem nepovolenou stavbou	ano/ne



Volba koeficientu K pro údržbu na základě technického stavu a provozních podmínek

Obr. 26 Hodnotící kritéria pro plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně⁷¹

⁷¹ Ve sloupci poznámka jsou uvedené informace o parametrech – důvody, best practices, případně kde nalezneme technický popis. Může být upraveno podle požadavků provozovatelů plynovodů.

Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně

Na obr. 27 jsou zobrazeny vybrané parametry popisující technický stav a provozní podmínky posuzované části plynovodu nad 40 do 100 bar včetně. Rozhodujícími kritérii pro volbu koeficientů K jsou informace o narušení ochranných a bezpečnostních pásem nepovolenou stavbou. Aplikace metodiky na vybraná zařízení je uvedena v kapitole 7.

Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně								
Parametr	Počty bodů						Váhy v %	Poznámka
	0	1	2	3	4	5		
Hustota příslušenství na plynovodu počet na km (přechody země vzduch, chráničky, apod.)	0 – 5 ks/km	X	X	6 – 10 ks/km	X	> 10 ks/km	10	Na základě evidence přidavných zařízení
Intenzita bludných proudů - proudová hustota ss proudů	Průměrná hustota bludných proudů v půdě < 20 mA/m ²	X	X	Průměrná hustota bludných proudů v půdě 20 – 100 mA/m ²	X	Průměrná hustota bludných proudů v půdě >100 mA/m ²	15	Vychází z hodnocení TPG 700 02 článku 4.2.5
Účinnost APKO - celková doba provozu plynovodu bez dostatečné APKO	0-3 měsíce	4-6 měsíců	7-12 měsíců	> 1 rok – 2 roky	> 2 – 3 roky	> 3 roky	15	Vychází z TPG 920 20-23
Četnost úniků	Bez evidovaných úniků	Evidované úniky, žádný však v období 5 let	X	≤ 2/ 10 km/ posledních 5 let	X	>2/10 km/ posledních 5 let	40	Do tohoto hodnocení nepatří úniky způsobené třetí stranou
Stáří plynovodu	0-9 let	10-19 let	20 - 29 let	30 - 39 let	40 - 49 let	50 a více let	20	Vychází ze statistik používaných materiálů a četnosti vad

Rozhodovací kritérium	Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 bar do 100 barů včetně
Narušení ochranných a bezpečnostních pásem nepovolenou stavbou	ano/ne



Volba koeficientu K pro údržbu na základě technického stavu a provozních podmínek

Obr. 27 Hodnotící kritéria pro plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 bar do 100 barů včetně⁷²

⁷² Ve sloupci poznámka jsou uvedené informace o parametrech – důvody, best practices, případně kde nalezneme technický popis. Může být upraveno podle požadavků provozovatelů plynovodů.

6.1.2.9 Trvalé zlepšování procesu hodnocení technického stavu plynovodů

Po zavedení představené metodiky do firemních procesů, je nutné zaměřit se na neustálé zlepšování a rozvoj metodiky hodnocení. Oblasti, na které je vhodné se zaměřit, jsou například:

- nové technologie diagnostiky;
- monitoring stavu zařízení – automatizace;
- digitalizace výsledků;
- on – line reporting;
- auditní nálezy.

Tato oblast zabývající se zlepšováním může sloužit jako prostředek k evidenci auditních zpráv, jejich nálezů a nápravných opatření. Je vhodné ho využít jako přehled auditních nálezů, které měly souvislost s technickým stavem zařízení, prováděnými zásahy apod. Vzniklé výstupy do metodiky zpracovat na následně ji pravidelně aktualizovat.

6.1.2.10 Terminologie

Popis používané terminologie je pro správné využívání metodiky nezbytný a to zejména z toho důvodu, aby uživatelé metodiky rozuměli pod používanými pojmy to samé. Tato oblast se týká vydefinování pojmů, se kterými se v této oblasti pracuje. Doporučením je využít terminologii údržby, která je popsána ve standardech a technických pravidlech, případně pojmy které jsou standardizované v podmínkách daného provozovatele. V českém prostředí je vhodná norma ČSN EN 13306 - Údržba - terminologie údržby.

6.1.2.11 Implementace metodiky

Doporučený postup implementace metodiky vychází z v praxi velmi často používaného PDCA cyklu, který zohledňuje požadavky na metodologii.

Plánování

V úvodní fázi implementace je doporučeno identifikovat pomocí dopadové analýzy pracovní týmy, kterých se tato změna dotkne. Je důležité seznámit je s připravovanou metodikou. Motivací pro pracovníky údržby by měl být fakt, že je metodika navržena na základě best practices získaných od zahraničních provozovatelů. Z provedené dopadové analýzy se získají informace o potřebných implementačních nákladech, požadavcích na pracovní místa a časování implementace metodiky.

Dalším krokem je tvorba plánu implementace metodiky. Do plánu implementace je důležité zahrnout zkušební provoz na vybrané lokalitě. Vhodné je zvolit konkrétní úsek plynovodu, na kterém bude metodika odzkoušena. Dále nadefinovat klíčové milníky implementace včetně termínu začátku platnosti metodiky. Nedílnou součástí je i definice akceptačních kritérií, na základě kterých bude schválen začátek používání metodiky údržby.

Realizace

Ve fázi realizace proběhne implementace metodiky podle navrženého plánu. Je vhodné nastavit uvnitř organizace pilotní provoz a poté vyhodnocení výsledků využívání metodiky. Z výsledků získaných pilotním provozem by mělo být patrné, zda došlo významným odchylkám oproti původní metodice údržby (např. náklady, pracnost, kvalita práce). Po vyhodnocení pilotního provozu je důležité následně upravit interní metodiky, způsoby práce a realizovat potřebná školení.

Kontrola

V této fázi je nutné definovat dobu, po kterou se bude průběžně ověřovat, zda došlo k naplnění očekávání, jako jsou efektivnější vynakládání prostředků na údržbu, efektivita prediktivní údržby (četnost úniků, počet incidentů, četnost údržbářských zásahů, apod.). Cílem této fáze je i identifikace úzkých míst, které metodika přinesla a následně návrh nápravných opatření.

Kontinuální rozvoj metodiky

V poslední fázi implementace bude vytvořen plán kontinuálního zlepšování a aktualizace metodiky údržby na základě technického stavu a provozních podmínek.

6.1.2.12 Požadavky na implementaci

Aby bylo možné údržbu na základě technického stavu a provozních podmínek pro jednotlivé druhy plynovodů zavést, je nutné zajistit dostupnost požadovaných informací dle nadefinovaných parametrů popsaných v předešlé kapitole. Jedná se o požadavky na vstupní data u provozovatelů plynovodů. Požadavky na data dělíme do dvou skupin a to podle předpokládaných kategorií vstupů pro plánování údržby. Jsou jimi:

- **Geografická data** – tato data poskytují informace o geografické poloze daného plynovodu. Tento typ dat je důležitý z hlediska možné lokalizace úseku plynovodu i následného hodnocení rizikovosti. Geografická data poskytují informaci o místě, kde se plynovod nachází (například v sídle a mimo sídla, zalesněný terén nebo zda se jedná o strategické připojení významných zákazníků).

- **Technická data** – technickými daty rozumíme data, která poskytují informace týkající se provozních údajů o plynovodech. Patří sem například informace o materiálu, výrobci, DN, apod.

6.1.2.13 Předpoklady pro implementaci metodiky

Zde je uveden seznam předpokladů, za kterých je možné metodiku do interních procesů provozovatelů plynárenských zařízení implementovat:

- Znalost provozu plynárenského zařízení a dostatek informací provozu zařízení v minulosti.
- Provozovatel PZ má potřebnou a průběžně aktualizovanou datovou strukturu.
- Pracovníci jsou vyškoleni, vědí jak z metodikou zacházet.
- Zařízení, pro která je metodika navržena, odpovídají stejným tlakovým hladinám.
- Legislativní a regulační nařízení umožňují metodiku na daných zařízeních aplikovat.

6.1.2.14 Náklady na zavedení metodiky údržby

Náklady na zavedení tohoto systému změn intervalů inspekčních činností se předpokládají ve dvou rovinách - první z nich jsou náklady na sběr aktuálních dat o plynovodech a přípojkách a druhou rovinou jsou náklady na vývoj a pořízení softwarové podpory rozhodovacího procesu. V rámci první roviny nákladů na úpravu intervalů inspekčních činností je zapotřebí dobrá znalost o provozovaném zařízení. Druhou rovinou potenciálních nákladů na zavedení změn v určování inspekčních intervalů na základě technického stavu zařízení jsou náklady na vyhodnocení zjištěného technického stavu a na rozhodovací mechanismus, který by určoval výslednou hodnotu navrženého intervalu. Předpokládá se použití automatického rozhodovacího mechanismu, který může být součástí již provozovaných softwarových aplikací, nebo zavedení zcela nové softwarové aplikace. V případě použití stávajícího softwarového vybavení bude nutný vývoj nového algoritmu pro potřeby stanovování intervalů inspekce. Existuje oprávněný předpoklad, že celkové náklady na zavedení systému určování intervalů údržby na základě aktuálního technického stavu zařízení budou převáženy úsporou nákladů, které budou plynout ze změn těchto intervalů. [73]

7. Aplikace navržené metodiky na vybraná zařízení

Výběr zařízení a vhodných inspekčních činností údržby pro aplikaci údržby na základě technického stavu a provozních podmínek zařízení byl proveden na základě analýzy nákladů na inspekční činnosti v jednotlivých společnostech. Aplikací metodiky proběhla ve spolupráci s Českým plynárenským svazem a českými provozovateli plynárenských zařízení. Metodika byla ověřena na plynovodech a přípojkách všech tlakových hladin. Jako příklad je uvedeno ověření metodiky na plynovodech a přípojkách s přetlakem nad 4 bary do 40 bar včetně.

Popsaná metodika byla aplikována v praxi a její výstupy byly implementovány do technických pravidel GAS (TPG), podle kterých se řídí všechny plynárenské společnosti provozující plynárenská zařízení v České republice. Metodika se stala součástí technických pravidel TPG 700 04 - Stanovení technického stavu vysokotlakých plynovodů. Diagnostické metody.

Vzhledem k tomu, že informace od provozovatelů plynárenských zařízení jsou neveřejná, je metodika v následující kapitole předvedena na fiktivním plynovodu s přetlakem 4 – 40 bar.

Aplikace metodiky na plynovodech a přípojkách s přetlakem nad 4 bar do 40 bar včetně

Vybraný úsek plynovodu č. 11075 se nachází na území České republiky. Tlaková hladina plynovodu je nad 4 bary do 40 bar včetně.

Technická data týkající se o vybraném úseku plynovodu č. 11075:

- Přídavná zatížení plynovodu, poddolovaná území, sesuvy: Trasa plynovodu je vedena mimo sesuvná a poddolovaná území.
- Intenzita bludných proudů - proudová hustota proudů: Průměrná hustota bludných proudů v půdě je přibližně 10 mA/m².
- Účinnost APKO - celková doba provozu plynovodu bez dostatečné APKO: 2 měsíce
- Četnost úniků: Na úseku plynovodu č. 11075 nejsou evidovány úniky plynu.
- Stáří plynovodu: 7 let
- Plynovod je veden v sídlech: NE
- Narušení ochranných a bezpečnostních pásem nepovolenou stavbou: NE
- Náklady na kontrolu trasy plynovodu – na provedení kontroly trasy je dle expertního odhadu potřeba práce 10 interních pracovníků (10 Int. MDs) a 10 externích

pracovníků (10 Ext. MDs⁷³). Náklady na interního pracovníka jsou 4500Kč/den. Náklady na externího pracovníka jsou 10 000 Kč/den.

- Náklady na kontrolu těsnosti plynovodu – na provedení těsnosti plynovodu je dle expertního odhadu potřeba práce 10 interních pracovníků (10 Int. MDs) a 30 externích pracovníků (30 Ext. MDs (člověkodny)). Náklad na interního pracovníka jsou 4500 Kč/den. Náklady na externího pracovníka jsou 10 000 Kč/den.

Aktuálně jsou na plynovodu prováděny činnosti inspekce provozní revize a údržby a opravy, podle technických pravidel GAS konkrétně dle části IV TPG 905 01. Při inspekci jsou prováděny následující činnosti:

- Kontrola trasy - **1x/4 měsíce**
- Kontrola těsnosti - **v sídlech 1x/4 měsíce, mimo sídla 1x/rok**
- Kontrola ochrany proti korozi

⁷³ MD - člověkoden

Na obr. 28 jsou zobrazeny hodnocení parametrů popisující technický stav a provozní podmínky posuzované části plynovodu. Jednotlivým parametrům byly na základě technických informací k úseku plynovodu přidělen počet bodů.

Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně – hodnocení plynovodu č. 11075									
Parametr	Počty bodů						Váhy v %	Poznámka	
	0	1	2	3	4	5			
Přidavné zatížení plynovodu (poddolované území, sesuvy)	Trasa je vedena mimo sesuvná nebo poddolovaná území	X	X	X	X	X	15	Na základě evidence přidavných zařízení	⇒ Přidavná zatížení: 0 b.
Intenzita bludných proudů - proudová hustota ss proudů	Průměrná hustota bludných proudů v půdě < 20 mA/m ²	X	X	Průměrná hustota bludných proudů v půdě 20 – 100 mA/m ²	X	Průměrná hustota bludných proudů v půdě >100 mA/m ²	10	Vychází z hodnocení TPG 700 02 článek 4.2.5	⇒ Bludné proudy: 0 b.
Účinnost APKO - celková doba provozu plynovodu bez dostatečné APKO	0-3 měsíce	4-6 měsíců	7-12 měsíců	>1 rok – 2 roky	> 2 – 3 roky	> 3 roky	15	Vychází z TPG 920 20-23	⇒ Účinnost APKO: 0 b.
Četnost úniků	Bez evidovaných úniků	Evidované úniky, žádný však v období 5 let	X	≤ 2/10 km/posledních 5 let	X	>2/10 km/posledních 5 let	40	Do tohoto hodnocení nepatří úniky způsobené třetí stranou	⇒ Četnost úniků: 0 b.
Stáří plynovodu	0-9 let	10-19 let	20 - 29 let	30 - 39 let	40 - 49 let	50 a více let	20	Vychází ze statistik používaných materiálů a četnosti vad	⇒ Stáří plynovodu: 0 b.

Obr. 28 Hodnocení plynovodu č. 11075

Rozhodujícími kritérii pro volbu koeficientů K jsou dle navržené metodiky informace narušení ochranných a bezpečnostních pásem nepovolenou stavbou. Narušení ochranných a

bezpečnostních pásem nepovolenou stavbou může znamenat bezpečnostní ohrožení, proto není vhodné tuto metodiku využít.



Obr. 29 Volba koeficientu K pro úsek plynovodu č. 11075

Pro praktickou ukázkou určení četnosti inspekce je zde proveden benchmark na základě něhož byly vybrány nejdelší intervaly podle nejlepšího technického stavu a nejkratší intervaly při nejhorsích provozních podmínkách. Je zde provedeno porovnání intervalů dle údajů od německých provozovatelů PZ v Německu. V ukázce je toto porovnání s cílem porovnání výsledků po úpravě výsledných intervalů.

V tabulce 13 jsou zaznamenány minimální a maximální intervaly kontroly trasy v České republice a Německu.⁷⁴ Jsou zde vybrány nejdelší intervaly podle nejlepšího technického stavu a nejkratší intervaly při nejhorsích provozních podmínkách. Toto srovnání je do určité míry problematické především z důvodu rozdílné kategorizace plynovodů podle tlakové úrovně v Německu (do 16 bar a 16 - 100 bar) a v České republice (4 – 40 bar) a rovněž s ohledem na více předepsaných způsobů kontrol trasy v Německu (pochůzkou, autem, letecky).

Tab. 13. Kontrola trasy plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně

Kontrola trasy plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně			
Kontrola trasy	Česká republika	Německo ¹	
Četnost inspekce	4 měsíce ⁴	Minimum	Maximum
		14 dní ²	2 měsíce ³

⁷⁴ Porovnání s údržbou v Německu je vybráno na základě analýzy provádění četnosti inspekčních činností ve vybraných státech. Provozování PZ je nejvíce podobné provozu v ČR.

- 1) V Německu jsou inspekční intervaly pro kontrolu trasy stanoveny pro plynovody nad 16 bar do 100 bar a to v závislosti na vzdálenosti od budov a vnějších okolnostech, kterými jsou prováděny stavebních či důlních prací v oblasti.
- 2) Minimální interval 14 dní je stanoven pro plynovody mimo sídlo (letecká kontrola) a v situaci kdy jsou v oblasti do 20 m od plynovodu prováděny stavební či důlní práce (kontrola pochůzkou).
- 3) Maximální interval pro kontrolu trasy mimo sídla je 2 měsíce.
- 4) V ČR je kontrola trasy stanovena pevným intervalem dle TPG 905 01.

Volba vhodného koeficientu K vychází z výsledků rovnice hodnotící technický stav a provozní podmínky pro plynovody (viz kapitola 6.1.2.8 - Metodologie hodnocení technického stavu plynovodů).

$$TS = \sum_{i=1}^n \text{Parametr}_i \times \text{Váha}_i; TS \in \langle 0; 5 \rangle;$$

(0 – nejlepší technický stav, 5 – nejhorší technický stav)

V tab. 14 jsou pak pro výsledné hodnoty technického stavu a provozních podmínek stanoveny intervaly, v nichž leží vhodný koeficient K. TS pro úsek plynovodu č. 11075 je:

TS₁₁₀₇₅ = 0

TS₁₁₀₇₅ ∈ <0; 1, 5>

Tab. 14 Hodnoty TS a koeficientu K pro plynovody a přípojky od 4 bar do 40 bar

TS	< 0; 1,5)	< 1,5; 3,5)	< 3,5; 5>
K	0,5	1	1,5

Pro úsek plynovodu č. 11075 bude při použití metodiky údržby na základě hodnocení technického stavu a provozních podmínek zařízení vypadá návrh následovně. Četnost kontroly trasy by tak mohla být definována jako **1xK za 4 měsíce**.

$$\check{C}KT_{\min} = X / (1 \times K) \quad \check{C}KT_{\min} = 4 / (1 \times 0,5) \quad \check{C}KT_{\min} = \mathbf{1x\ 8\ m\acute{e}s\acute{ic}\acute{u}}$$

Při tomto přístupu by bylo v případě kombinace nejlepšího technického stavu plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně a příznivých provozních podmínek prodloužit četnost kontroly trasy plynovodu na **1x za 8 měsíců**.

V tabulce 15 je zobrazen návrh výsledné četnosti i pro případ kdyby TS vyšlo v jiném intervalu. Například při nejméně příznivých podmínkách by kontrola trasy plynovodu probíhala **1x za 2 měsíce**

Tab. 15 – Kontrola trasy plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně – výsledné doporučené intervaly kontroly

Kontrola trasy plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně			
TS	<0;1,5)	<1,5;3,5)	<3,5;5>
K	0,5	1	2
Výsledná četnost	1x8 měsíců	1x4 měsíce	1x2 měsíce

V současné době je možné v České republice provádět kontrolu trasy 1x za 4 měsíce. U plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně na základě využití tohoto přístupu by bylo možné za předpokladu nejlepšího technického stavu $TS_{11075} = <0; 1, 5)$ prodloužit kontrolu trasy na interval 1x za 8 měsíců.

Nákladová analýza kontrola trasy plynovodu od 4 bar do 40 bar včetně

Změna intervalu kontroly trasy plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně má dopad na náklady spojené s touto inspekční činností. Náklady na tuto kontrolní činnosti jsou odhadnuty na úseku plynovodu č. 11075 při kontrole:

- **1x4 měsíce** je odhad nákladů **435 000 Kč za rok⁷⁵**.
- **1x 8 měsíců** je odhad nákladů **217 000 Kč/rok**.
- **1x2 měsíce** je odhad nákladů **870 000 Kč za rok**.

Za předpokladů nejlepšího technického stavu tedy může být dosaženo významných úspor.

⁷⁵ Náklady na kontrolu trasy plynovodu – 10 INT (interní pracovníci) MDs a 10 EXT (externí pracovníci). MDs (člověkodny) – náklad 4500 Kč/INT. MD -> 45 000 Kč; 10 000 Kč/EXT. MD -> 100000 Kč; celkem je tedy náklad na jednu činnost 145 000 Kč. Činnost je prováděna 3x rok-> 3x145000 Kč, výsledná částka je 435 000 Kč/rok.

V tabulce 16 jsou zaznamenány minimální a maximální intervaly kontroly těsnosti plynovodů od 4 do 40 bar⁷⁶ včetně v České republice a Německu. Jsou zde vybrány nejdelší intervaly podle nejlepšího technického stavu a nejkratší intervaly při nejhorších provozních podmínkách.

Tab. 16 – Intervaly kontroly těsnosti plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně (mimo sídla)

Kontrola těsnosti plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně – mimo sídlo			
Kontrola těsnosti	Česká republika	Německo ¹	
Četnost inspekce		Minimum	Maximum
		1 rok ⁴	6 měsíců ²

- 1) Interval kontroly těsnosti se v Německu určuje podle tlakové hladiny a počtu netěsností na 1 km plynovodu.
- 2) Minimální interval kontroly těsnosti je pro plynovod ve špatném technickém stavu zkrácen na 6 měsíců. – Pro počet netěsností $\geq 1/\text{km}$. V ČR není zohledňován technický stav plynovodu a intervaly jsou dané fixně.
- 3) Maximální interval kontroly těsnosti lze v závislosti na technickém stavu prodloužit až na 1 rok – Pro počet netěsností $\leq 0,1/\text{km}$.
- 4) Kontrola těsnosti v ČR se řídí TPG 913 01. Interval 1 rok je stanovený podle přetlaku.

Tab. 17 – Kontrola těsnosti plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně – výsledné doporučené intervaly kontroly– mimo sídlo

Kontrola těsnosti plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně – mimo sídlo			
TS	<0;1,5)	<1,5;3,5)	<3,5;5>
K	0,5	1	2
Výsledná četnost	1x2 roky	1xrok	1x0,5 roku

Pro úsek plynovodu č. 11075 bude při použití metodiky údržby na základě hodnocení technického stavu a provozních podmínek zařízení vypadá návrh následovně.

⁷⁶ Kontrola těsnosti mimo sídlo

TS₁₁₀₇₅= 0

TS₁₁₀₇₅= <0; 1, 5)

ČKT_{min}= X(1 x K)

ČKT_{min}= 1/ (1 x 0,5)

ČKT_{min}= **1x 2 roky**

Četnost kontroly těsnosti plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně by tak mohla být definována (viz tab. 17) jako **1xK za rok**. To by umožnilo v případě kombinace nejlepšího technického stavu plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně a příznivých provozních podmínek četnost kontroly těsnosti plynovodu 1x za 2 roky, v opačném případě poté 1x za 6 měsíců.

Nákladová analýza kontrola těsnosti plynovodu od 4 bar do 40 bar včetně – mimo sídlo

Změna intervalu kontroly trasy plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně má dopad na náklady spojené s touto inspekční činností. Náklady na tuto kontrolní činnosti jsou odhadnuty na úseku plynovodu č. 11075 při kontrole:

- **1xrok** je odhad nákladů **345 000 Kč za rok**⁷⁷.
- **1x 2 roky** je odhad nákladů **172 000 Kč/rok**.
- **1x6 měsíce** je odhad nákladů **690 000 Kč za rok**.

Za předpokladů nejlepšího technického stavu tedy může být dosaženo významných úspor.

Metodiku lze stejným způsobem aplikovat na plynovody ostatních tlakových hladin.

⁷⁷ Náklady na kontrolu těsnosti plynovodu – 10 INT MDs a 30 EXT MDs (člověkodny) – náklad 4500 Kč/INT. MD -> 45 000 Kč; 10 000 Kč/EXT. MD -> 345 000 Kč; celkem je tedy náklad na jednu činnost 345 000 Kč. Činnost je prováděna 1x rok-> 1x345000 Kč, výsledná částka je 345 000 Kč/rok.

8. Přínosy práce a zhodnocení novosti

V disertační práci byl proveden rozsáhlý průzkum mezi 21 společnostmi provozující plynárenská zařízení v České republice a v zahraničí. V rámci výzkumu byly navštíveny zahraniční společnosti v Německu, Velké Británii, Nizozemsku a Maďarsku. Cílem bylo identifikovat úzká místa, která souvisí s provozem a údržbou plynárenských zařízení. Zvláštní pozornost byla věnována zejména progresivním přístupům zaměřeným na údržbu na základě stavu provozovaného zařízení, s důrazem na tzv. prediktivní údržbu, neboť je to nepochybně jedna z cest, která v současné době skýtá značný potenciál pro optimalizaci stávajícího systému provozování a údržby plynárenských zařízení. Výstupy tohoto průzkumu významně ovlivnily další řešení disertační práce a jeho výstupy lze označit za jeden z hlavních přínosů doktorské práce. Hlavním přínosem disertační práce je však samotný návrh metodiky údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin na základě technického stavu a provozních podmínek. Navrženou metodiku je možné využít v celosvětovém měřítku. Metodika byla aplikována v praxi a její výstupy byly implementovány do technických pravidel GAS, podle kterých se řídí všechny plynárenské společnosti provozující plynárenská zařízení v České republice. Metodika se stala součástí technických pravidel *TPG 700 04 - Stanovení technického stavu vysokotlakých plynovodů. Diagnostické metody*.

9. Závěr

Disertační práce splnila všechny stanovené hlavní i vedlejší cíle. Hlavním cílem a přínosem disertační práce byl **návrh a popis obecně platné metodiky optimalizace procesu údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin s ohledem na změny intervalů inspekčních činností na základě technického a provozního stavu plynovodů.**

Mezi další naplněné cíle práce patřily **analýza špičkového know-how v oblasti monitoringu technického stavu a plánování údržby mezi technologicky a organizačně vyspělými provozovateli plynárenských zařízení v Nizozemsku, Velké Británii a Německu. Posouzení aplikace získaného know-how v legislativních podmínkách České republiky. Návrh a popis metodiky optimalizace procesu údržby plynovodů a přípojek různých tlakových hladin s ohledem na změny intervalů inspekčních činností na základě technického a provozního stavu plynovodů.** Mezi dílčí cíle patřily například výběr a kvantifikace technických ukazatelů pro efektivní řízení údržby plynárenských zařízení se zaměřením na technický stav daného zařízení, a dále návrh vhodného přístupu k údržbě plynárenských zařízení.

Při rešerši problematiky údržby bylo zjištěno, že ve světě neexistuje jednotný pohled jak provádět údržbu plynárenských zařízení. Bylo identifikováno několik úzkých míst, pro které je možné nalézt řešení například v podobě návrhu nové metodiky údržby plynárenských zařízení.

Prvním identifikovaným místem bylo zjištění, že ve světě neexistuje obecně platná metodika pro hodnocení technického stavu plynárenských zařízení, která by umožňovala přizpůsobit intervaly inspekčních činností a kontrol dle technickému stavu plynárenských zařízení v podmínkách České republiky i zahraničí. Druhým identifikovaným úzkým místem byl způsob provádění údržby plynárenských zařízení v České republice. Je jím zejména zastaralá legislativa, která brání aplikovat moderní přístupy k provozování a údržbě plynárenských zařízení.

Na základě identifikace úzkých míst zkoumané problematiky se disertační práce ubírala směrem návrhu metodiky údržby na základě technického stavu a provozních podmínek. **Cílem bylo navrhnout metodiku pro hodnocení technického stavu plynárenských zařízení, která by umožňovala přizpůsobit intervaly inspekčních činností a kontrol technickému stavu plynárenských zařízení a která bude aplikovatelná v podmínkách provozovatelů plynárenských zařízení.**

Jako nejpokročilejší přístup k systému údržby plynovodů a přípojek byl vyhodnocen přístup ve Velké Británii a Nizozemsku kde provoz a údržba odpovídá současným technologickým trendům a možnostem monitoringu a technické diagnostiky. Je zde aplikována údržba podle

stavu, prováděná na základě předpovědi odvozené z opakované analýzy nebo ze známých charakteristik a vyhodnocení významných parametrů degradace objektu – tedy prediktivní údržba. Ta je využívána v rámci řízení spolehlivosti plynárenských zařízení, kde jsou aplikovány postupy údržby zaměřené na bezporuchovost tzv. Reliability Centred Maintenance (RCM). Klíčovými pojmy metodiky RCM jsou řízení rizik a analýza rizik. Poznatky z kritické rešerše a výsledků analýzy provozu a údržby plynárenských zařízení v České republice a zahraničí vedly k závěru, že systém provozu a údržby v České republice je v porovnání s ostatními zahraničními zásadně ovlivňován legislativou. To má za následek, že při provádění činností údržby aplikovaný systém nezohledňuje technický stav, provozní podmínky zařízení ani vývoj nových technologií pro optimální provoz a údržbu. Bylo zjištěno, že optimální systém údržby plynárenských zařízení je obecně vždy kombinací jednotlivých přístupů tedy představuje kombinaci údržby po poruše, preventivní údržby na základě pevných časových intervalů a preventivní údržby na základě technického stavu zařízení (prediktivní údržby), kdy podíl jednotlivých přístupů vždy vychází z předpokladu celkové ekonomické efektivity.

V rámci návrhu metodiky byly zvažovány dva přístupy k údržbě plynovodů. Byla zvažovaná metodika založená na přístupu RCM a metodika údržby na základě technického stavu a provozních podmínek. Využití metodiky založené na přístupu RCM pro plynovody a přípojky různých tlakových hladin se ukázalo pro potřeby naplnění cílů disertační práce jako nevhodné. Důvodem byla nemožnost splnění obecných předpokladů dynamického programu údržby a následně i omezující podmínky obecně aplikovatelné metodiky. Zásadními faktory jsou náročnost stanovení přijatelné úrovně rizika provozování plynovodů a přípojek a dále systematické vyhodnocování technických parametrů v kombinaci se stanovováním nejistoty.

Při zavádění nových přístupů údržby je nezbytně nutná příprava podkladů pro zavedení změn intervalů inspekčních činností na základě technického stavu a provozních podmínek plynárenských zařízení, tak aby bylo možné plynárenská zařízení provozovat na základě jejich skutečného technického stavu a provozních podmínek, ve kterých se dané zařízení nachází. Parametry pro hodnocení technického stavu a provozních podmínek plynárenských zařízení byly nadefinovány v rámci intenzivní spolupráce s experty Českého plynárenského svazu a jednotlivými plynárenskými společnostmi. Byly vydefinovány parametry popisujících technický stav plynovodu, na jejichž základě je možné upravovat čestnosti s ohledem na zachování bezpečného a spolehlivého provozu.

Problematika údržby plynárenských zařízení je velmi rozsáhlé téma. Jako další oblast, kterou by se následný výzkum mohl dále ubírat, se jeví návrh metodiky údržby na základě technického stavu pro ostatní kategorie plynárenských zařízení.

10. Použitá literatura

- [1] LANDOLL, Douglas J. *The security risk assessment handbook: a complete guide for performing security risk assessments*. Boca Raton: Auerbach Publications, 2006, 473 s. ISBN 978-0-8493-2998-2.
- [2] BEEBE, Raymond S. *Predictive maintenance of pumps using condition monitoring: a complete guide for performing security risk assessments*. New York: Elsevier Advanced Technology, c2004, ix, 181 p. ISBN 18-561-7408-5.
- [3] R. KEITH MOBLEY, R.editor in chief a Lindley R.Darrin J LINDLEY R. HIGGINS. *Maintenance engineering handbook: a complete guide for performing security risk assessments*. 7th ed. New York: McGraw-Hill, 2008, ix, 181 p. ISBN 00-716-4101-7.
- [4] WIREMAN, Terry a Lindley R.Darrin J LINDLEY R. HIGGINS. *Benchmarking best practices in maintenance management : a complete guide for performing security risk assessments*. 7th ed. New York: Industrial Press, 2004, xvi, 212 s. ISBN 08-311-3168-3.
- [5] NEELY, Andy; ADAMS, Chris; KENNERLEY, Mike. *The Performance Prism : The Scorecard for Measuring and Managing Bussiness Success*. London : Prentice Hall, 2002. p.125-300. 398 p. ISBN 0-273-6534-2.
- [6] MURTHY, D. N. P. a Khairy A. H. KOBACZY. *Complex system maintenance handbook*. London: Springer, c2008. ISBN 978-1-84800-010-0.
- [7] Questions and answers on security of energy supply in the EU. In: *European Commission* [online]. Brussels: European Commission, 2014 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: [http://europa.eu/rapid/press-release MEMO-14-379_en.htm](http://europa.eu/rapid/press-release_MEMO-14-379_en.htm)
- [8] *EU Energy Markets in 2014*. Belgium: The European Commission, 2015. ISBN 978-92-79-37962-8.
- [9] *BUNDESNETZAGENTUR* [online]. Germany: BUNDESNETZAGENTUR, 2016 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: http://www.bundesnetzagentur.de/cln_1432/EN/Home/home_node.html;jsessionid=5BFE1B96232AE1A7BF56A61360327FC3
- [10] *Oil&Seciruty: Germany* [online]. France: International Energy Agency, 2012 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/germanyoss.pdf>

- [11] *National Grid* [online]. UK: National Grid, 2013 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www2.nationalgrid.com/UK/Industry-information/Gas-transmission-operational-data/>
- [12] INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. *Energy policies of IEA countries: Hungary*. Paris: International Energy Agency, 2007. ISBN 92-641-0995-1.
- [13] ZELENKA, A.: *Projektování výrobních procesů a systémů*. Nakladatelství ČVUT, Praha, 2007. 135 s. ISBN 978-80-01-03912-0
- [14] ZELENKA, A. PRECLÍK, V., *Racionalizace výroby - skripta*. Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 8001028704, 9788001028704
- [15] FUCHS, P.: *Využití spolehlivosti v provozní praxi*. Technická universita v Liberci, Liberec, 2002, 127s.,
- [16] FUCHS, P. *Management rizika komplexních systémů*. Habilitační práce. Technická univerzita v Liberci, 2010.
- [17] FUCHS, P.: *Analýza rizik v optimalizaci a údržbě*. In: 16. seminář Odborné skupiny pro spolehlivost České společnosti pro jakost - Spolehlivost a analýza rizik. Praha, 2004.
- [18] FUCHS, Pavel. PRAKTICKÝ PŘÍSTUP K UPLATŇOVÁNÍ ÚDRŽBY ZAMĚŘENÉ NA BEZPORUCHOVOST. In: *ÚDRŽBA ZAMĚŘENÁ NA BEZPORUCHOVOST (RCM)* [online]. Praha: Česká společnost pro jakost, 2014, s. 11 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/17_RCM.pdf
- [19] LEGÁT, V.: *Využití informací o životnosti strojních prvků k optimalizaci jejich preventivní údržby*. In: Sborník konference JAKOST'99, DTO Ostrava 1999. s. H17H24
- [20] AUINGER, Pavel. *Opravy plynovodů a plynovodních přípojek*. Praha: GAS, 2010. GAS. ISBN 978-80-7328-232-5.
- [21] GAJDOŠ, Lubomír. *Bezpečnost a integrita vysokotlakých plynovodů*. Praha: Český plynárenský svaz, 2011. ISBN 978-80-904619-2-5.
- [22] ŠTURMA, Martin. *Provoz, revize a údržba technických zařízení: vyhrazená technická zařízení elektrická, plynová, tlaková, zdvihací*. Praha: Grada Publishing, 2015. ISBN 978-80-247-5121-4.

- [23] LEGÁT, V.: *Využití informací o životnosti strojních prvků k optimalizaci jejich preventivní údržby*. In: Sborník konference JAKOST'99, DTO Ostrava 1999. s. 124.
- [24] MAREŠ, Miroslav a Roman POVÝŠIL. *ENERGETICKÁ A EKONOMICKÁ EFEKTIVNOST- ZÁKLADNÍ FAKTORY OBNOVY VÝROBNÍCH A SPOTŘEBNÍCH ZAŘÍZENÍ* [online]. 1. Praha: Česká energetická agentura, 2012 [cit. 2016-03-15]. Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/dokument/98_8058.pdf
- [25] LEGÁT, Václav. *ÚDRŽBA ZAMĚŘENÁ NA BEZPORUCHOVOST*. In: *ÚDRŽBA ZAMĚŘENÁ NA BEZPORUCHOVOST (RCM)* [online]. Praha: Česká společnost pro jakost, 2014, s. 11 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/17_RCM.pdf
- [26] KAVAN, M.: *Výrobní management*. GRADA Publishing, Praha, 2002, 424 s. ISBN 80-247-0199-5
- [27] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 80-868-5138-9.
- [28] GREGOR M., KOŠTUIRAK J. *Podnik v roce 2001-revoluce v podnikové struktuře*, Grada Praha 2001, ISBN 80-7169-003-1
- [29] GREGOR M., KOŠTUIRAK J. *Podnik v roce 2001- revoluce v podnikové struktuře*, Grada Praha 2001, ISBN 80-7169-003-1
- [30] VODÁKOVÁ, Jana. *Nástroje ekonomického řízení ve veřejném sektoru*. 1. ČR: Wolters Kluwer, 2013. ISBN 8074783367
- [31] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [32] FOTR, Jiří. *Tvorba strategie a strategické plánování: teorie a praxe*. 1. vyd. Praha: Grada, 012. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3985-4.
- [33] *Malá encyklopedie revizního technika: základní pojmy z oboru*. Praha: GAS, 2008. ISBN 978-80-7328-163-2.
- [34] VYTLAČIL, M., MAŠÍN, I. *TPM – Management a praktické zavádění*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-5-9

- [35] Desetiletý plán rozvoje přepravní soustavy v České republice 2013-2022. NET4GAS, s.r.o. *NET4GAS* [online]. 2012 [cit. 2012-11-09]. Dostupné z: http://www.net4gas.cz/cs/media/Desetiletý_plan.pdf?jis=20121106090023
- [36] Těžba a průzkum. MND. *MND.cz* [online]. 2011 [cit. 2012-11-09]. Dostupné z: <http://www.mnd.cz/421/142/tezba-a-pruzkum>
- [37] Zemní plyn: Přeprava a uskladnění. *Zemni plyn* [online]. [cit. 2012-11-09]. Dostupné z: <http://www.zemniplyn.cz/doprava/>
- [38] Přepravní soustava. *NET4GAS* [online]. Praha: NET4GAS, s.r.o, 2016 [cit. 2017-08-07]. Dostupné z: <http://www.net4gas.cz/cz/prepravni-soustava/>
- [38] *Malá encyklopedie revizního technika: základní pojmy z oboru*. Praha: GAS, 2008. ISBN 978-80-7328-163-2.
- [39] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. *Aktualizovaná metodická pomůcka pro oblast výkladu pojmů v plynárenství a vztahu mezi zákonem č. 458/2000 Sb., energetický zákon a zákonem č. 183/2006 Sb., stavební zákon*. [online]. In: Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2014, s. 24 [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getmedia/dd6aa54e-5df6-4b10-8638-55d6538569ed/Methodika_plynarenstvi_final-11-2014-s-prilohou.pdf
- [40] Energetika: Udržitelná, bezpečná a dostupná energie pro Evropany. In: *Politiky Evropské unie:: Energetika* [online]. BELGIE: Evropská unie, 2014, s. 16 [cit. 2016-05-04]. DOI: 10.2775/60011. ISBN 978-92-79-42188-4. Dostupné z: <http://bookshop.europa.eu/cs/bundles/the-eu-explained-cbsci2OwkgkAAAE.xjhtLxJz/>
- [41] Státní energetická koncepce 2015: Státní energetická koncepce. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2015 [cit. 2016-05-04]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument158059.html>
- [42] Ministerstvo pro místní rozvoj ČR. *Aktualizovaná metodická pomůcka pro oblast výkladu pojmů v plynárenství a vztahu mezi zákonem č. 458/2000 Sb., energetický zákon a zákonem č. 183/2006 Sb., stavební zákon*. [online]. In: . Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2014, s. 24 [cit. 2016-11-13]. Dostupné z: https://www.mmr.cz/getmedia/dd6aa54e-5df6-4b10-8638-55d6538569ed/Methodika_plynarenstvi_final-11-2014-s-prilohou.pdf

- [43] *Omezení korozního účinku bludných a interferenčních proudů na úložná zařízení: Mitigation of the corrosion effects of stray and interference currents on the buried structures : TPG 920 25 : schválena dne 7.3.2007. Říčany u Prahy: GAS, c2007. Technická pravidla. ISBN 978-80-7328-094-9.*

POUŽITÉ NORMY A TECHNICKÁ PRAVIDLA

- [44] ČSN IEC 50(191):1993 Medzinárodný elektrotechnický slovník – Kapitola 191: Spôľahlivosť a jakosť služieb (k této normě byly vydány změny Z1:2003 a Z2:2003).
- [45] ČSN EN 13306 (010660). *ČSN EN 13306 (010660) - Údržba - Terminologie údržby.* Praha: UNMZ, 2011.
- [46] ČSN EN 61508-1:2002 Funkční bezpečnost elektrických/elektronických/programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností – Část 1: Všeobecné požadavky.
- [47] ČSN EN 60300-3-11: 2010 Pokyn k použití - Údržba zaměřená na bezporuchovost
- [48] ČSN EN 61508-1:2002 Funkční bezpečnost elektrických/elektronických/programovatelných elektronických systémů souvisejících s bezpečností – Část 1: Všeobecné požadavky.
- [49] *Stanovení technického stavu nízkotlakých a středotlakých plynovodních sítí z oceli: diagnostické metody = Determination of the technical state of steel pipelines : diagnostic methods : TPG G 700 02 : schválena dne: 29.6.2016.* Praha: Český plynárenský svaz, 2016. Technická pravidla. ISBN 978-80-87992-19-7.
- [50] *Plynovody a přípojky z polyetylenu: Gas mains and service pipes of polyethylene: TPG G 702 01 : schválena dne: 4.10.2016.* Praha: Český plynárenský svaz, 2016. Technická pravidla. ISBN 978-80-87992-25-8.
- [51] *Plynovody a přípojky z oceli s nejvyšším provozním tlakem do 100 bar včetně: Gas mains and service pipelines of steel for maximum operating pressure up to 100 bar included : TPG G 702 04 : technická pravidla schválena dne 16.10.2013.* Praha: GAS, c2013. Technická pravidla. ISBN 978-80-7328-284-4

- [52] *Základní požadavky na bezpečnost provozu plynárenských zařízení: Basic requirements for safety in operation of the gas installations : TPG G 905 01 : schválena dne 6.11.2013.* Praha: GAS, 2013. Technická pravidla. ISBN 978-80-7328-298-1.
- [53] *Kontrola těsnosti a činnosti spojené s řešením úniků plynu na plynovodech a plynovodních přípojkách: Tightness survey and activities regarding gas leakage detection on gas lines and service pipes : TPG G 913 01 : schválena dne 16.10.2013.* Praha: GAS, c2013. Technická pravidla. ISBN 978-80-7328-288-2.
- [54] *Odorizace zemního plynu: Odorization of natural gas : TPG G 918 01 : schválena dne: 18.11.2015.* Praha: Český plynárenský svaz, 2015. Technická pravidla. ISBN 978-80-87992-14-2.
- [55] *Protikorozi ochrana v zemi uložených ocelových plynových zařízení. Provoz a údržba zařízení aktivní ochrany: Corrosion protection of buried steel installations. Operation and maintenance of active corrosion protection facilities: TPG G 920 22 : schválena dne 16.10.1013.* Praha: GAS, c2013. Technická pravidla. ISBN 978-80-7328-295-0.
- [56] *TPG 920 25 Omezení korozního účinku bludných a interferenčních proudů na úložná zařízení: Mitigation of the corrosion effects of stray and interference currents on the buried structures : TPG 920 25 : schválena dne 7. 3. 2007.* Říčany u Prahy: GAS, c2007. Technická pravidla. ISBN 978-80-7328-094-9.
- [57] ČSN IEC 60300-3-11: 1999 Management spolehlivosti. Část 3-11: Návod k použití - Údržba
- [58] *Odběrná plynová zařízení a spotřebiče na plynná paliva v budovách: Gas installation pipework and appliances for buildings : TPG G 704 01 : schválena dne 29.5.2013.* Praha: GAS, c2013. Technická pravidla. ISBN 978-80-7328-291-2.

- [59] *Stanovení technického stavu vysokotlakých plynovodů: diagnostické metody = Determination of the technical state of high-pressure pipelines : diagnostic methods : TPG G 700 04 : schválena dne 26. 6. 2013 : [platnost od 1.9.2013.* Praha: GAS, c2013. Technická pravidla. ISBN 978-80-7328-253-0.

11. Vlastní publikace

11.1. Publikace autora – Související s disertační prací

- [60] KUNZOVÁ, B. Provoz a údržba plynárenských zařízení [online]. *Občasník Povrcháři*. 2016, (2), ISSN 1802-9833. Dostupné z: http://www.povrchari.cz/kestazeni/201602_povrchari.pdf
- [61] ROHÁČOVÁ, B. Trendy Systémů Údržby v Plynárenství. In: KUDLÁČEK, J. a KREIBICH, V., eds. *5. odborný seminář "Kvalita ve výrobě"*. Kvalita ve výrobě. Čejkovice, 24.04.2012 - 25.04.2012. Jaroměř: Kudláček Jan, Ing.. 2012, s. 69-70. ISBN 978-80-87583-01-2.
- [62] ROHÁČOVÁ, B. New Methods for the Maintenance of Gas Equipment. In: *Automation in Production Planning and Manufacturing*. Automation in Production Planning and Manufacturing. Turčianské Teplice, 02.05.2012 - 04.05.2012. Žilina: University of Žilina, FME, Department of Materials Engineering. 2012, s. 140-143. ISBN 978-80-89276-35-6.
- [63] ROHÁČOVÁ, B. Maintenance of Gas Facilities According to Technical Condition. In: *Advanced Manufacturing Technologies*. Advanced Manufacturing Technologies. Sozopol, 22.06.2012 - 28.06.2012. Sofia: Publishing house "St. Ivan Rilski". 2012, ISSN 1313-4264.

11.2. Publikace autora – Související s disertační prací - spoluautorství

- [64] ROHÁČOVÁ, B. Coating Systems for High Pressure Gas Pipelines. In: GALVAO, J.R., CAR, Z., a KUDLÁČEK, J., eds. *Proceedings of International Conference on Innovative Technologies IN-TECH 2014*. International Conference on Innovative Technologies 2014. Leiria, 10.09.2014 - 12.09.2014. Rijeka: Faculty of Engineering University of Rijeka. 2014, s. 383-384. ISSN 1849-0662. Dostupné z: http://in-tech.info/download/proc_intech_2014_issn.pdf

- [65] ŘÍHOVÁ, Z., ROHÁČOVÁ, B., a PEŠLOVÁ, F. Evaluation of Unalloyed Steel Corrosion of industrial pipeline. *Hutnické listy*. 2014, LXVII(3), s. 9-12. ISSN 0018-8069.
- [66] KREIBICH, V., et al. *Posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení - 9*. JIHOMORAVSKÁ PLYNÁRENSKÁ, a.s.. 2012, U12133/2012/051.
- [67] KREIBICH, V., et al. *Posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení - 8*. RWE DISTRIBUČNÍ SLUŽBY. 2012, U12133/2012/050.
- [68] KREIBICH, V., et al. *Posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení - 7*. SMP NET, S.R.O.. 2012, U12133/2012/049.
- [69] KREIBICH, V., et al. *Posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení - 6*. JMP NET, S.R.O.. 2012, U12133/2012/048.
- [70] KREIBICH, V., et al. *Posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení - 5*. VCP NET, S.R.O.. 2012, U12133/2012/047.
- [71] KREIBICH, V., et al. *Posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení - 4*. PRAŽSKÁ PLYNÁRENSKÁ, a.s.. 2012, U12133/2012/046.
- [72] KREIBICH, V., et al. *Posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení - 3*. RWE GASNET, S.R.O.. 2012, U12133/2012/045.
- [73] KREIBICH, V., et al. *Posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení - 2*. NET4GAS, S.R.O.. 2012, U12133/2012/044.
- [74] KREIBICH, V., et al. *Posouzení pracnosti provozování plynárenských zařízení - 1*. E.ON. DISTRIBUCE, a.s.. 2012, U12133/2012/043.

11.3. Publikace autora – Přímo nesouvisející s disertační prací

- [75] TURZA, L. a KUNZOVÁ, B., eds. *Posuzování shody jednoduchých tlakových nádob*. Brno: TESYDO, s.r.o.. 2016, ISBN 978-80-87102-13-8.
- [76] TURZA, L. a KUNZOVÁ, B., eds. *Připravované nové právní předpisy pro tlakové a jednoduché tlakové zařízení*. Brno: TESYDO, s.r.o.. 2016, ISBN 978-80-87102-13-8.
- [77] TURZA, L. a KUNZOVÁ, B., eds. *Posuzování shody přepravitelných tlakových zařízení*. Brno: TESYDO, s.r.o.. 2016, ISBN 978-80-87102-13-8.
- [78] VOLF, L., ROHÁČ, J., a KUNZOVÁ, B. Implementace nástrojů digitální továrny do strojírenské výroby. In: *Modelování, simulace a optimalizace podnikových procesů v*

praxi. Konference Modelování, simulace a optimalizace podnikových procesů v praxi. Zlín, 29.03.2011. Zlín: Universita Tomáše Bati ve Zlíně. 2011, s. 496-499. ISBN 978-80-260-0023-5.

- [79] KUNZOVÁ, B., ROHÁČ, J., a VOLF, L. Využití simulačních metod ve výrobních procesech a systémech. In: *Modelování, simulace a optimalizace podnikových procesů v praxi*. Konference Modelování, simulace a optimalizace podnikových procesů v praxi. Zlín, 29.03.2011. Zlín: Universita Tomáše Bati ve Zlíně. 2011, s. 370-374. ISBN 978-80-260-0023-5.
- [80] KUNZOVÁ, B., ROHÁČ, J., a VOLF, L. Využití simulačních nástrojů v systémech štihlé výroby. In: *Modelování, simulace a optimalizace podnikových procesů v praxi*. Konference Modelování, simulace a optimalizace podnikových procesů v praxi. Zlín, 29.03.2011. Zlín: Universita Tomáše Bati ve Zlíně. 2011, s. 247-252. ISBN 978-80-260-0023-5.

12. Seznam obrázků

<i>Obr. 1 Management údržby [6]</i>	12
<i>Obr. 2 Systémy údržby a příklady využívaných nástrojů</i>	13
<i>Obr. 3 Základní kroky zavádění RCM</i>	19
<i>Obr. 4 Postup vypracování dynamického programu údržby [25]</i>	20
<i>Obr. 5 Druhy rizik</i>	20
<i>Obr. 6 Matice rizik</i>	21
<i>Obr. 7 Závislost mezi náklady a typem údržby</i>	23
<i>Obr. 8 Přepravní soustava plynu v ČR [38]</i>	27
<i>Obr. 9 Legislativní rámec pro provoz a údržbu plynárenských zařízení v ČR</i>	30
<i>Obr. 10 Technická pravidla pro provoz a údržbu plynárenských zařízení v ČR</i>	31
<i>Obr. 11 Skupiny plynárenských a plynových zařízení</i>	34
<i>Obr. 12 Regulační stanice [39]</i>	35
<i>Obr. 13 Stanice katodické ochrany [42]</i>	36
<i>Obr. 14 Postup řešení disertační práce</i>	49
<i>Obr. 15 Vztah úrovně údržby a požadavků na informace podle Gasunie, NL</i>	58
<i>Obr. 16 Matice kritičnosti, používaná pro hodnocení rizika plynoucího z provozování zařízení v Gasunii, NL</i>	59
<i>Obr. 17 SWOT matice přístupu k údržbě plynárenských zařízení</i>	61
<i>Obr. 18 Základní činnosti prováděné v ČR na plynovodech a přípojkách do 4 bar včetně...</i>	67
<i>Obr. 19 Rozdělení plynovodů na základě analýzy rizik</i>	73
<i>Obr. 20 Základní činnosti prováděné v ČR na plynovodech a přípojkách od 4 bar do 40 bar včetně</i>	78
<i>Obr. 21 Základní činnosti prováděné v ČR na plynovodech a přípojkách od nad 40 barů do 100 barů včetně</i>	86
<i>Obr. 22 Postup řešení problematiky údržby plynovodů na základě technického stavu a provozních podmínek</i>	94
<i>Obr. 23 Příklad zkoumaných parametrů pro popis technického stavu plynovodu</i>	102
<i>Obr. 24 Hodnotící kritéria pro ocelové plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně</i>	104
<i>Obr. 25 Hodnotící kritéria pro plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně - PE...</i>	105
<i>Obr. 26 Hodnotící kritéria pro plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně</i>	106
<i>Obr. 27 Hodnotící kritéria pro plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 bar do 100 barů včetně</i>	107
<i>Obr. 28 Hodnocení plynovodu č. 11075</i>	113

<i>Obr. 29 Volba koeficientu K pro úsek plynovodu č. 11075</i>	114
--	-----

13. Seznam tabulek

Tab. 1 Přehled inspekčních činností dle TPG 905 01 a TPG 201 01	38
Tab. 2 Klasifikace, odstranění a kontrola podzemních úniků plynu dle TPG 913 01	40
Tab. 3 Přehled zkoumaných činností provozu a údržby plynovodů a přípojek s přetlakem do 4 barů včetně.....	66
Tab. 4 Kontrola těsnosti podle technických pravidel DVGW	68
Tab. 5 Minimální frekvence monitorování stavu potrubí pro MOP > 7 bar	70
Tab. 6 Pravděpodobnost úniku v závislosti na druhu materiálu potrubí a provozním tlaku..	72
Tab. 7 Přehled zkoumaných činností provozu a údržby plynovodů a přípojek s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně.....	77
Tab. 8 Minimální časový interval pro kontrolu těsnosti dle pravidel DVGW.....	79
Tab. 9 Frekvence monitorování stavu v případě nepoužití analýzy rizik	81
Tab. 10 Aktivity zkoumané na plynovodech a přípojkách od 40 do 100 bar včetně.....	85
Tab. 11 Minimální časový interval pro kontrolu těsnosti dle pravidel DVGW	87
Tab. 12. Ukázka možného dělení zařízení do 3 kategorií na základě jejich technického stavu a provozních podmínek.....	103
Tab. 13. Kontrola trasy plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně.....	114
Tab. 14 Hodnoty TS a koeficientu K pro plynovody a přípojky od 4 bar do 40 bar	115
Tab. 15 – Kontrola trasy plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně – výsledné doporučené intervaly kontroly	116
Tab. 16 – Intervaly kontroly těsnosti plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně (mimo sídla)..	117
Tab. 17 – Kontrola těsnosti plynovodů od 4 bar do 40 bar včetně – výsledné doporučené intervaly kontroly– mimo sídlo.....	117

14. Seznam grafů

<i>Graf 1 Vývoj a struktura dodávek tepla ze soustav zásobování teplem [41]</i>	<i>28</i>
<i>Graf 2 Členění nákladů inspekčních činností na jednotlivých PZ z pohledu provozovatelů distribuční soustavy v ČR (%)</i>	<i>63</i>
<i>Graf 3 Náklady na inspekční činnosti u plynovodů do 4 bar (%)</i>	<i>65</i>
<i>Graf 4 Porovnání ročních četností vybraných činností údržby pro plynovody do 4bar</i>	<i>75</i>
<i>Graf 5 Náklady na inspekční činnosti u plynovodů od 4 bar do 40 bar (%)</i>	<i>76</i>
<i>Graf 6 Porovnání ročních četností vybraných činností údržby pro plynovody 4-40 bar.....</i>	<i>83</i>
<i>Graf 7 Náklady na inspekční činnosti u plynovodů s přetlakem nad 40 bar do 100 bar včetně (%)</i>	<i>84</i>

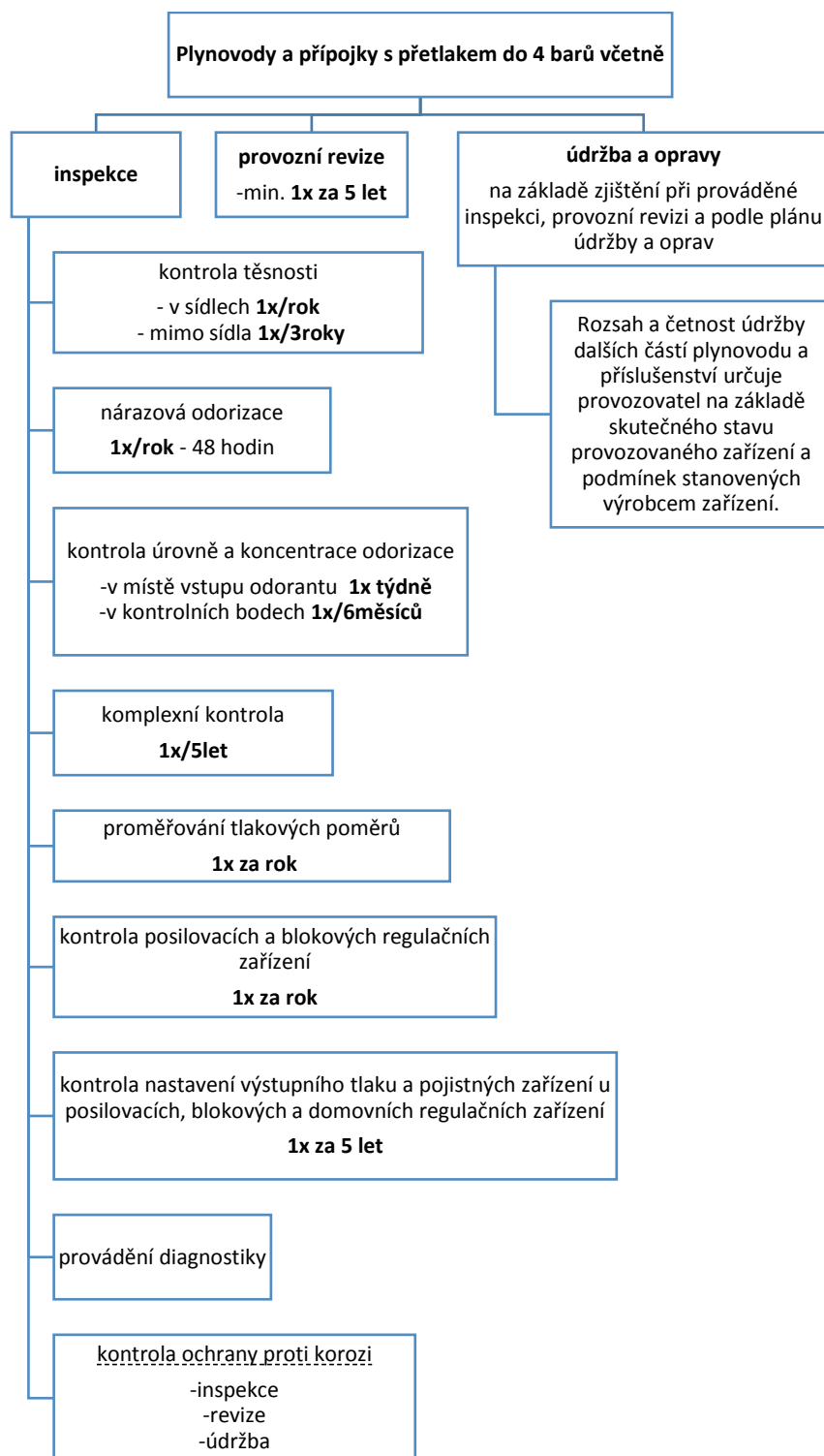
15. Přílohy

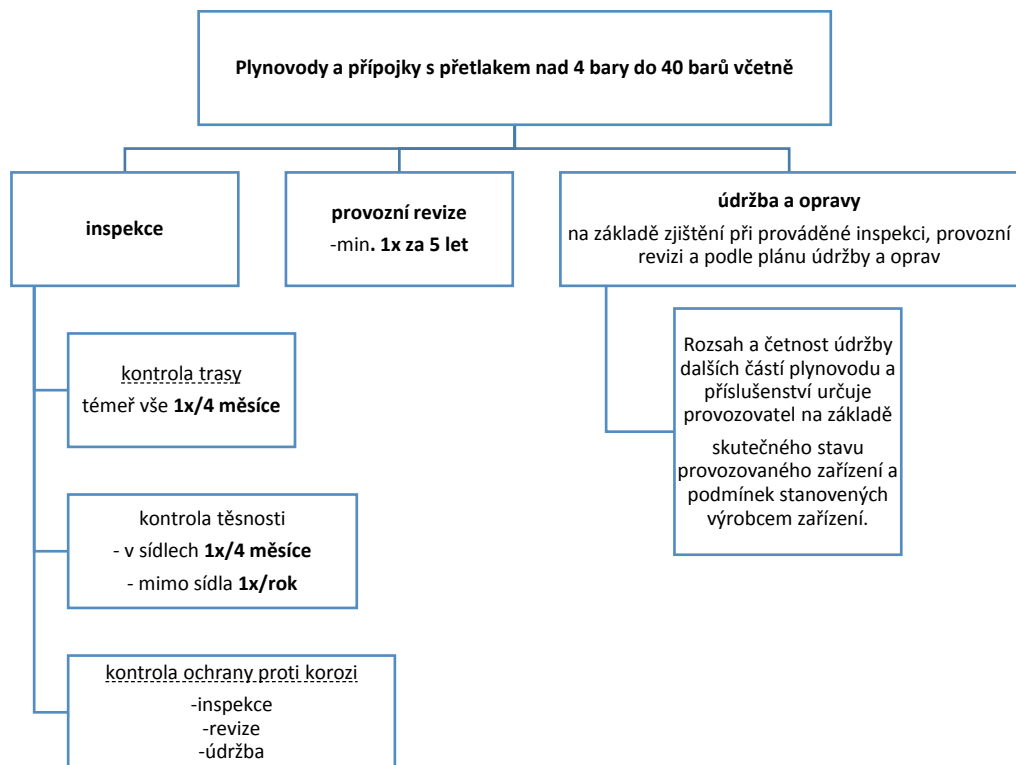
Příloha 1 - Základní činnosti prováděné na plynárenských zařízeních v České republice

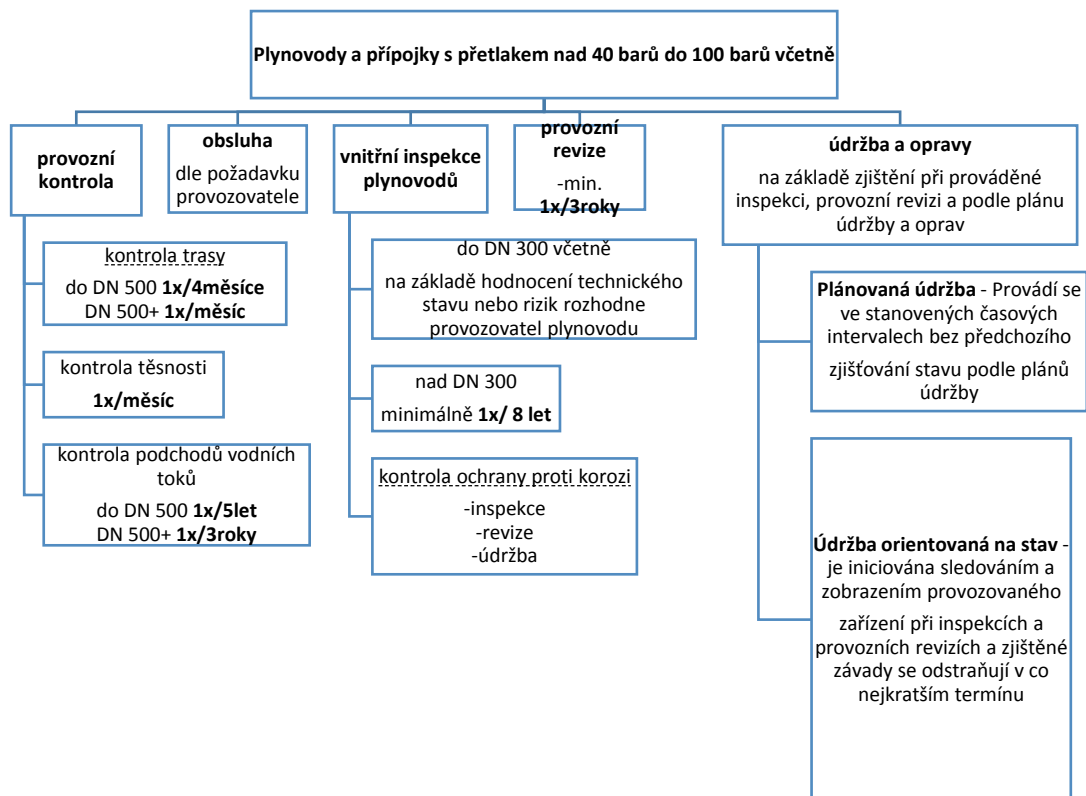
Příloha 2- Dotazník plynárenské společnosti

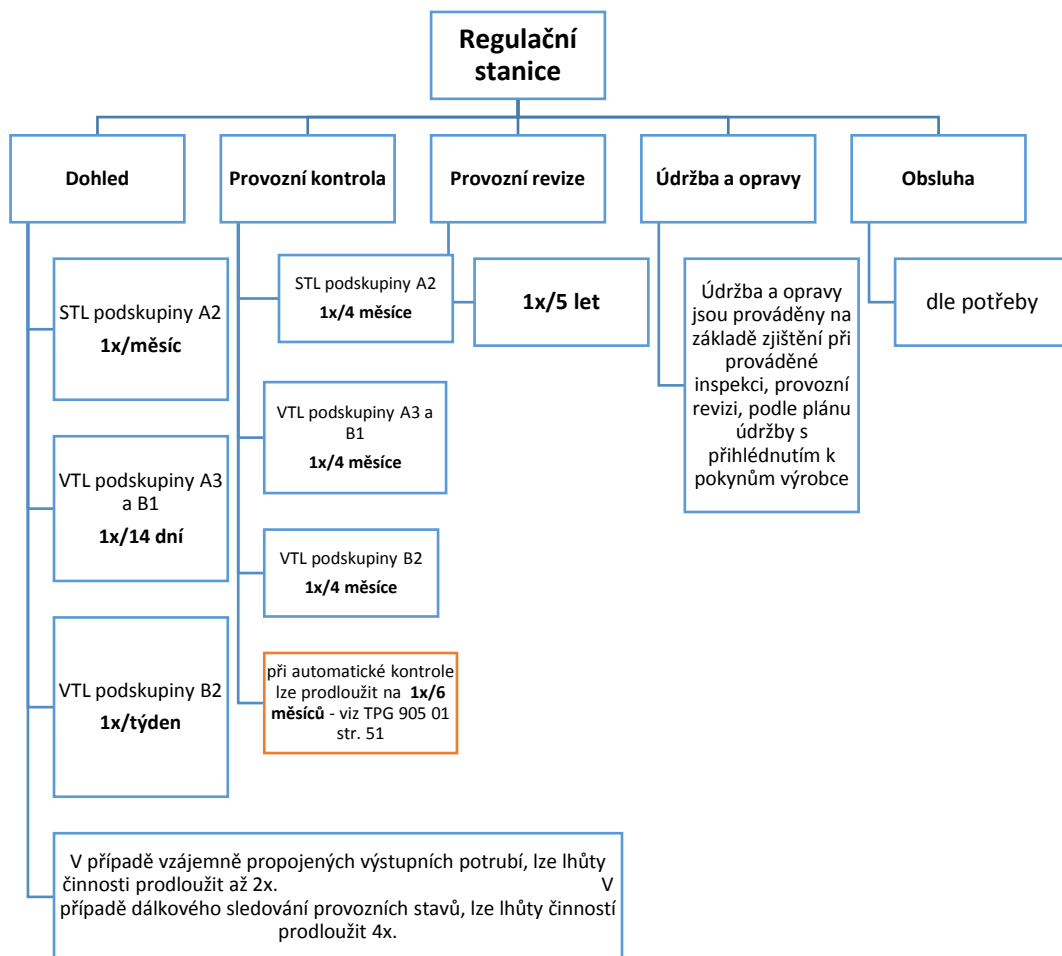
Příloha 3 - Porovnání legislativy a činností údržby

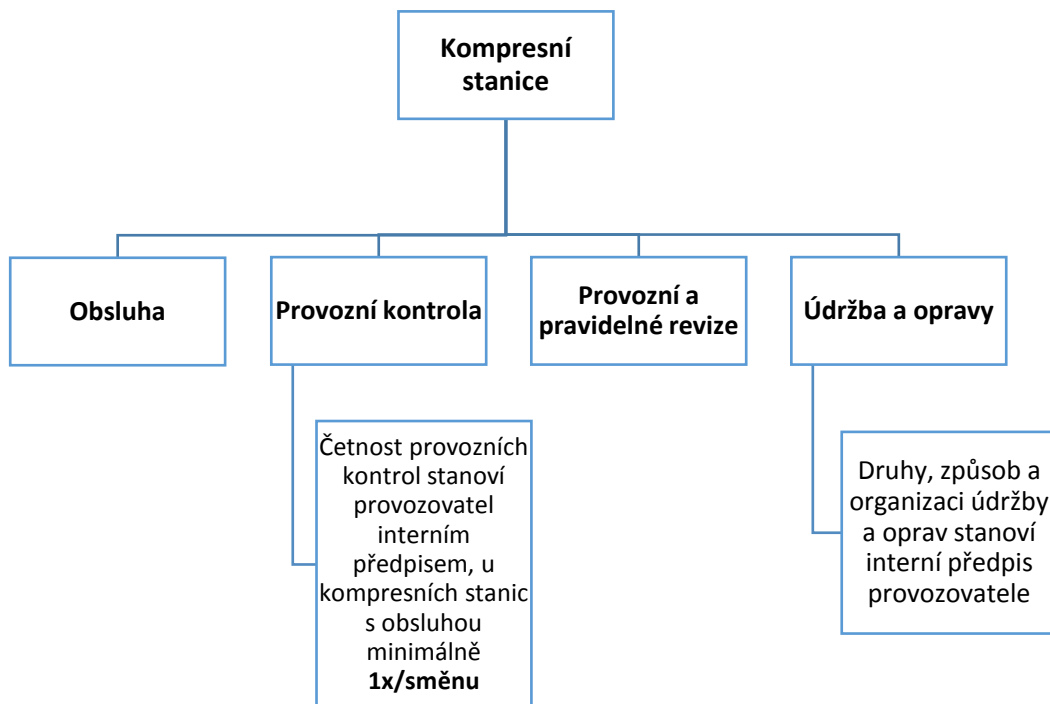
Příloha 1 - Základní činnosti prováděné na plynárenských zařízeních v České republice

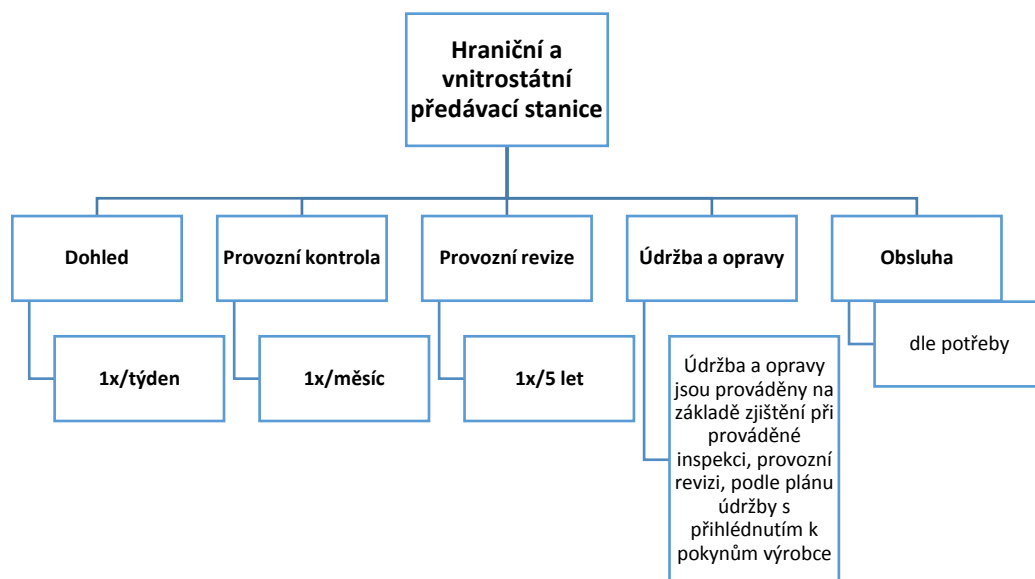


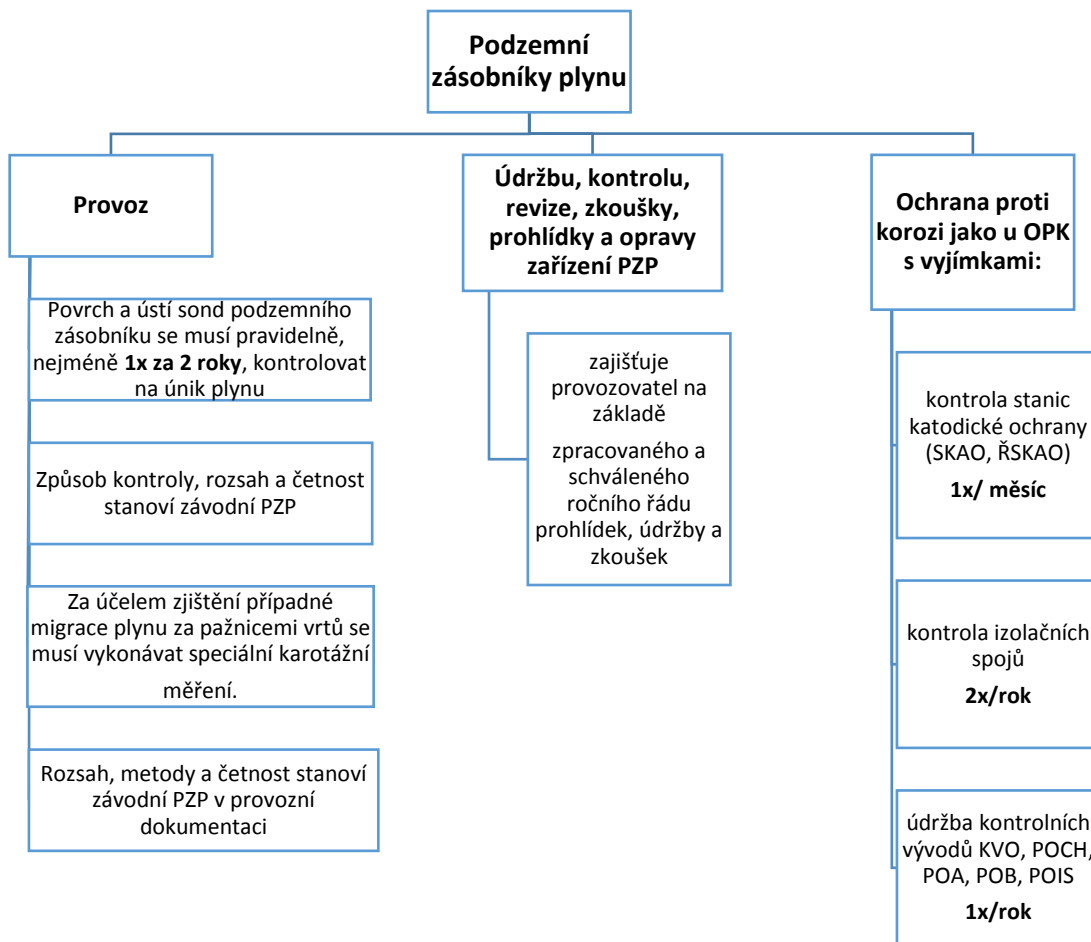


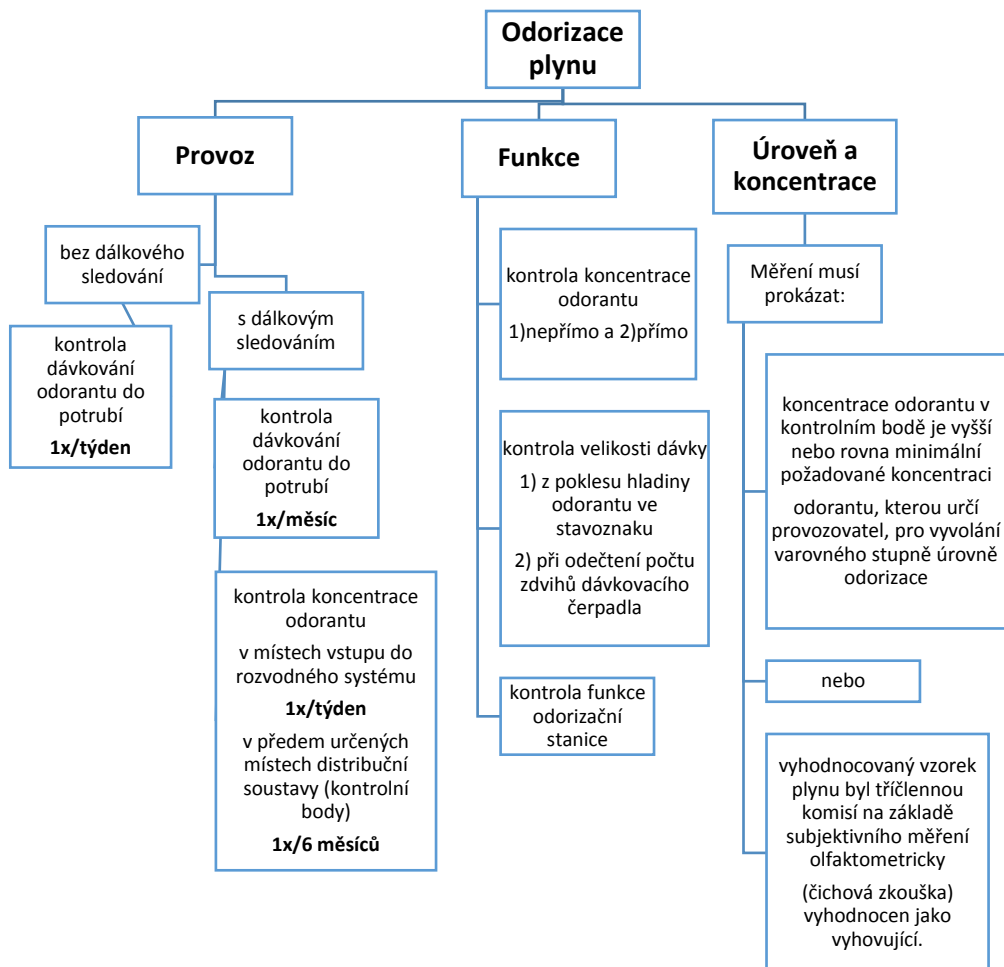












Příloha 2 - Dotazník plynárenské společnosti

Dotazník je zaměřený na zmapování oblastí, které významně ovlivňují návrh optimálního procesu údržby. Dotazy byly zaměřeny zejména na tři druhy plynárenských zařízení a to:

- Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně;
- Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně;
- Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně.

Analýza údržby

Tento okruh otázek se zaměřuje na přístupy a strategie údržby, které jsou v jednotlivých společnostech využívány.

1. Jaké typy údržbových systémů jsou využívány ve vaší společnosti?

- a) Údržba v pevných časových intervalech – preventivní údržba (fixní intervaly)
- b) Údržba založená na monitorování technického stavu – prediktivní údržba (flexibilní časové intervaly)
- c) Údržba po poruše

2. Jaké jsou časové termíny údržby pro jednotlivá zařízení?

- a) Údržba podle plánu
- b) Intervaly inspekce

3. Jaké jsou činnosti údržby

a) Jaké jsou typické údržbové činnosti prováděné v pevně daných časových intervalech?
(uved'te.....)

b) Jaké jsou typické údržbové činnosti prováděné na základě zjištění technického stavu zařízení? (uved'te).....

c) Jaké využíváte inspekční činnosti?
(uved'te).....

B) Legislativní a technická specifikace

Cílem tohoto okruhu otázek je zmapovat omezující podmínky pro provoz a údržbu PZ.

1. Jaký vás ovlivňuje legislativní rámec a technická pravidla údržbu plynárenských zařízení u vás ve společnosti?

uved'te).....

2. Umožňuje legislativní rámec a technické standardy provádět inspekční a údržbové činnosti v časových intervalech zohledňující reálný technický stav zařízení a rizika plynoucí z jeho poruchy?

3. Mají provozovatelé plynárenských zařízení status regulátora?

C) Metody a nástroje pro plánování a řízení údržby

Využíváte některé ze sofistikovaných nástrojů pro řízení a plánování údržby? Například RBI (Risk Based Inspection), RCM, PIMS (Pipeline Integrity Management System) a další....

Uved'te.....

D) Metodika sběru dat a jejich následné vyhodnocení

1. Jaká data jsou o provozu zařízení monitorována (například provozní parametry a výkonnostní parametry)?

2. Jaké evidujete informace o provozních poruchách (malý únik, větší úniky, nehody)?

3. Jaké typy údajů a v jakém SW jsou monitorovány? Jak vypadá datová struktura těchto dat?

- Jak jsou data vyhodnocena (exekutivní shrnutí, podrobná analýza pro řízení údržby, atd.)

E) Porovnání zjištěných údajů o provozu a údržbě PZ ve vybraných zemích s provozem a údržbou PZ v ČR

Tento okruh otázek se zaměřuje na jednotlivé druhy PZ a vnímání provozování jednotlivých plynárenských zařízení a zmapování údržbových činností.

Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně

STÁT, Plynárenská společnost			
Typ plynárenského zařízení	Název činnosti	Popis činnosti	Četnost činnosti
Plynovody a přípojky s přetlakem do 4 barů včetně	Inspekce	Kontrola těsnosti	Uveďte intervaly pro: Inspekční intervaly: 1) o přetlaku do xx baru: a) z ocele a plastů b) z litiny c) další
		Kontrola odorizace	Nárazová odorizace a) kontrola koncentrace odorantu - interval b) kontrola úrovně odorizace - Interval
		Komplexní kontrola	xx
		Diagnostika	jakým způsobem je prováděna?
		Další inspekce	jaké jsou další inspekční typy?
	Provozní revize	Jak často je prováděna?	
Údržba a opravy	Jaké jsou používané metody a z čeho se vychází?		

Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně

STÁT, Plynárenská společnost			
Typ plynárenského zařízení	Název činnosti	Popis činnosti	Četnost činnosti
Plynovody a přípojky s přetlakem nad 4 bary do 40 barů včetně	Inspekce	Kontrola trasy	Jaké jsou četnosti kontroly a co je jejím obsahem?
		Kontrola těsnosti	Jaké jsou četnosti kontroly a co je jejím obsahem?
	Provozní revize		Jak často je prováděna?
	Údržba a opravy		Jaké jsou používané metody a z čeho se vychází?

Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně

	STÁT, Plynárenská společnost		
Typ plynárenského zařízení	Název činnosti	Popis činnosti	Četnost činnosti
Plynovody a přípojky s přetlakem nad 40 barů do 100 barů včetně	Inspekce	Kontrola trasy	Jaký je interval četnosti kontroly?
		Kontrola těstnosti	Jaký je interval četnosti kontroly?
		Kontrola podchodů vodních toků	Jaký je interval četnosti kontroly?
		Vnitřní inspekce	Jaký je interval četnosti kontroly?
	Provozní revize		Jaký je interval provozní revize?
	Plánovaná údržba		Jak je prováděna plánovaná údržba?
	Údržba dle stavu a opravy		Jaké jsou používané metody a z čeho se vychází?

Příloha 3 Porovnání legislativy a činností údržby

Příloha je z důvodu své velikosti součástí tištěné verze a vypálena na přiloženém CD.