

# Posouzení metod ukládání a ochrany inženýrských sítí formou hodnotové analýzy

*Petr Matějka*

## 1. Úvod

V dnešní době je téma ukládání inženýrských sítí stále více a více aktuální. Stará vedení se stávají čím dál tím zastaralejšími a nespĺňují tedy ekologické, morální ani technologické požadavky. Za mnoho let jejich životnosti se změnili možnosti na poli materiálů i technologií, a když přijde čas na opravu nebo rekonstrukci těchto zařízení, nabízí se nám mnohem víc možností, než jak tomu bylo v minulosti. Rozhodnutí o použití moderní technologie by mělo být tedy jasné, nicméně samotný rozhodovací proces není vždy tak jednoduchý, jak to na první pohled vypadá. S tím, jak narůstá množství variant a množství možných situací, které mohou nastat, komplikuje se i samotný rozhodovací proces.

Článek se zabývá některými aspekty rozhodovacího procesu, zaměřeného na metody (způsoby) ukládání inženýrských sítí a jejich ochranu. Klade důraz na pochopení některých základních prvků, jejichž pochopení je prvotním impulzem k realizaci opatření. Ke správnému rozhodnutí totiž není třeba jen znalost zkoumané problematiky, ale i znalost našich potřeb a požadavků na parametry variant, mezi kterými se rozhodujeme. Budou tedy zmíněny některé důležité aspekty ovlivňující rozhodnutí a formou hodnotové analýzy bude vyhodnoceno dotazníkové šetření na dané téma.

## 2. Analýza problematiky

### 2.1. Výzkum

Článek je založený na výzkumu, prováděného v rámci studentské grantové soutěže (SGS 10/016/OHK5/1T/11 Ekonomika technických řešení sdružených tras inženýrských sítí). Ten se zabývá porovnáváním jednotlivých způsobů ukládání inženýrských sítí při snaze zhodnotit moderní technologie (zejména multikanálové systémy) ve srovnání s jinými druhy technologie ukládání jako jsou kolektory nebo klasické metody ukládání do zemního tělesa. Výstupem výzkumu by mělo být posouzení konkurenceschopnosti moderních technologií. Výzkum se dále zabývá nedostatkem povědomí odborné veřejnosti o moderních technologiích a jako jeden z cílů si klade zvýšení informovanosti veřejnosti o možnostech současných technologií provádění inženýrských sítí.

Pokud v rámci článku bude odkazováno na „výzkum“ nebo „budoucí výzkum“, jedná se o odkaz na tuto práci, která je v době psaní příspěvku v rozpracovaném stavu a nemůže být plně použita jako zdroj. Výstupy zde publikované jsou uzavřenými součástmi výzkumu a mohou tedy být jednotlivě použity. V případě odkazu v textu na výzkum také může jít o navržení problému, které mohou být v budoucnu řešeny ať už v rámci zmíněného grantu, nebo v rámci jinde probíhajícího výzkumu.

### 2.2. Zkoumané varianty

Článek se zabývá posouzením čtyř různých metod ukládání inženýrských sítí:

1. Klasická metoda ukládání do zemního tělesa
2. Multikanálové řešení
3. Kolektorové řešení

#### 4. SMST (Stavebnice mobilní sdružené trasy)<sup>1</sup>

Zmíněné metody představují způsoby, jakým může být vedena inženýrská síť z pohledu jejich uložení o ochrany. Problematiku lze zkoumat samozřejmě i z jiných úhlů. Můžeme se zabývat tím, jakou metodou je ukládání prováděno (bezvýkopově, klasicky atd.), jakého vedení se problematika týká (napětí, voda, plyn atd.) nebo dalšími parametry jednotlivých variant (DN apod.) atd. V rámci posuzování je nejuhodnější separovat veškeré možnosti rozhodování na základní prvky, které je pak snadné srovnat a vyhodnotit. V reálném světě toto bohužel často není možné, protože veškeré jednotlivé prvky jsou často provázány nebo spolu jinak souvisí. Proto by byla realizace rozhodnutí na základě jediného posuzovaného faktoru zásadní chybou a je třeba mít tedy na paměti, že samotná hodnotová analýza jednotlivých prvků může být použita jen jako nástroj rozhodování.

Metoda SMST je metodou, která stojí mírně bokem oproti ostatním zkoumaným variantám, jelikož se jedná o nadzemní řešení vedení inženýrských sítí (jiné metody za jiných okolností mohou být také, ale není to u nich pravidlem). Proto je v mnoha ohledech s ostatními třemi metodami neporovnatelná (resp. její srovnání může být zavádějící), což je třeba mít na paměti. V případě hodnotové analýzy je tedy metoda SMST přítomna zejména z důvodů vytvoření kompletního výčtu metod a pro možnosti srovnání v případě zájmu nebo nutnosti. Zásadní část článku a hodnotová analýza v něm prezentovaná se však týká převážně jen první třech metod ukládání inženýrských sítí.

### 3. Problematika rozhodování

Proces rozhodování při hledání nejuhodnější technologie pro použití je velmi komplikovaný a naráží na mnoho problémů. Pouze v případě, že tyto problémy dostatečně pochopíme, můžeme je vzít na vědomí a v případě nutnosti eliminovat, nebo se s nimi jinak vypořádat. Jedině tehdy pak může být naše rozhodnutí přesné a s minimalizovanými riziky. Není vždy nutné zmíněné problémy vyřešit, ale naprostým základem je znát jejich povahu a dokázat je v rozhodovacím procesu zohlednit. Tato kapitola se zabývá některými z těchto problémů na obecné úrovni. Dopad zmíněných problémů na rozhodovací proces může být naprosto zásadní, ale v případě zaměření tohoto článku na hodnotovou analýzu se jedná pouze o okrajovou záležitost, která však samozřejmě musí být zmíněna. Dopad problémů zde zmíněných může být takový, že jeden jediný může sám určit, jakou technologii budeme nuceni použít, a jakékoliv další rozhodování pak tedy ztrácí svůj hlavní smysl. Hodnotová analýza v dalších částech tohoto článku se tedy zabývá případy, kdy toto rozhodování není tak jednoznačné a kdy je třeba mezi jednotlivými variantami volit, protože nám okolnosti nepředurčují, jaká z nich je pro daný projekt optimální.

#### 3.1. Kvalifikace a informovanost

Kvalifikace a informovanost subjektů, které se podílejí na rozhodovacím procesu, může mít zásadní dopad na volbu varianty. Nemůžeme použít technologii, o které nevíme, že existuje nebo s ní nejsme seznámeni. Stejně tak nemůžeme použít technologii, kterou nedokážeme realizovat kvůli nedostatku kvalifikace. Nedostatky kvalifikace a informovanosti také mohou být zdrojem mylných informací – špatného ocenění, nedostatečného povědomí o rizicích apod. Takovéto mylné informace pak mohou způsobit zavržení nebo naopak prosazení některé varianty na úkor jiných, což za jistých okolností (v případě, že daná varianta není nejuhodnější) může být nežádoucí.

---

<sup>1</sup> Rešeršní databáze patentů a užitných vzorů [online]. Stavebnicový systém pro variabilní řešení technologického profilu a podpůrné konstrukce mobilní sdružené trasy inženýrských sítí, 2010.

### **3.2. Omezení třetích stran**

Třetí strany (například stát, územní řízení, ekologické podmínky apod.) mohou vstupovat a nepřírozně zasahovat do rozhodovacího procesu takovým způsobem, že se musíme podřídit příslušným nařízením a omezením. To může předurčit, jakou z variant technologického řešení při realizaci projektu použijeme nebo budeme nuceni použít.

### **3.3. Zdroje**

Naše zdroje nás mohou limitovat v mnoha směrech. Mohou mít přímý dopad na nákladovost jednotlivých variant, v případě dostupnosti kvalifikované pracovní síly nebo mechanizace (strojů) a vozového parku mohou vymezením nám dostupné varianty atd. Takto můžeme být donuceni použít některou konkrétní variantu bez ohledu na ostatní aspekty. Zdroje mohou mít také zásadní dopad na jiné oblasti a problémy rozhodovacího procesu, takže zvýší nebo sníží důležitost některých jejích prvků.

### **3.4. Podmínky staveniště**

Situace na staveništi a podmínky, kterým se musíme přizpůsobit, jsou zásadní oblastí, která vymezuje naše možnosti při výběru vhodného technologického řešení projektu. Staveniště a jeho okolí přináší mnohá omezení, zejména v případě městského inženýrství. Jiné podmínky budou na rušném náměstí velkého města a jiné zase na zelené louce mimo město. Vzhledem k rozdílnému charakteru jednotlivých variant řešení se tedy na základě podmínek staveniště a jeho okolí můžeme někdy snadno rozhodnout, které z variant můžeme či nemůžeme použít.

### **3.5. Technické podmínky**

Technické podmínky zahrnují veškeré požadavky, kladené na realizovanou inženýrskou síť v průběhu celého jejího životního cyklu. Ať už se jedná o specifikace v podobě dopadu na životní prostředí, požadavky na společné vedení, množství přípojek, prostorové omezení nebo požadavky na kvalitu, všechny tyto faktory spadají do technických podmínek a v případě, že tyto podmínky nejsou splněny, může být některé z variant z rozhodování vyřazena bez ohledu na její jiné výhody či nevýhody. Technické podmínky jsou tedy naprosto zásadní pro posuzování a výběr vhodné varianty.

## **4. Hodnotová analýza**

V rámci hodnotové analýzy byly prozkoumány čtyři varianty metod ukládání inženýrských sítí (viz. kapitola 2.2). Posuzování probíhalo v rámci 14 posuzovacích kritérií, z nichž každému byla stanovena váha. Převážná část dat byla získána Delfskou metodou na základě dotazníkového šetření, kdy byli osloveni zástupci odborné veřejnosti, ale i zástupci skupin, které mají s danou problematikou třeba i jen okrajové zkušenosti. Výsledné váhy a hodnoty srovnání jednotlivých variant jsou aritmetickými průměry odpovědí jednotlivých respondentů. Takto získaná data pak byla vyhodnocena několika různými metodami hodnotové analýzy a v rámci této kapitoly jsou prezentovány její výsledky.

Je důležité mít na paměti, že výsledkem hodnotové analýzy není reálný stav zkoumané problematiky. Při porovnání jednotlivých variant hodnotovou analýzou založenou na dotazníkovém šetření nezjistíme, která z variant je lepší nebo horší. Výstupem je, jak srovnání daných variant vidí jednotliví respondenti, resp. skupiny respondentů. Z tohoto důvodu v žádném případě nemůže být v tomto článku prezentovaná hodnotová analýza použita jako směrodatný vzor pro srovnání jednotlivých variant. Jejím primárním účelem je upozornit na kritická místa v chápání dané problematiky respondenty a tím vytvořit nástroj, který je možno použít v rozhodovacím procesu. V rámci budoucího výzkumu je pak vhodné srovnat výsledky

této hodnotové analýzy s reálným stavem. To však může být mnohdy velmi náročně až nemožné, protože zatímco některé kritéria jsou v rámci reálného stavu snadno stanovitelná (například náklady), jiná kritéria prakticky vyčíslit nelze (morální zastarání). Nevyčíslitelná kritéria pak nelze (nebo lze jen obtížně a to často se zanesením prvku subjektivity) srovnávat. Jedním ze stěžejních problémů budoucího výzkumu je tak stanovení reálných hodnot posuzovaných variant v rámci jednotlivých kritérií.

Další věcí, kterou je třeba si uvědomit, je skutečnost, že dotazníková metoda sběru dat je závislá na skupině dotazovaných respondentů. Jiné odpovědi dostaneme, pokud se dotážeme investorů, než když se dotážeme zhotovitelných firem. V rámci budoucího výzkumu je tedy zamýšleno rozdělení respondentů do kategorií v souladu s účastníky životního cyklu projektu a následné srovnání takto získaných dat. Výsledná analýza nám může pomoci zjistit nesrovnalosti v názorech jednotlivých skupin. Tyto nesrovnalosti mohou mít zásadní dopad na množství chyb v rozhodovacím procesu.

#### 4.1. Stanovení kritérií

Kritéria byla stanovena Delfskou metodou. Na základě dotazníkového šetření byla formulována kritéria, která je třeba zohlednit v rámci rozhodovacího procesu při výběru vhodné metody uložení inženýrských sítí. Tato kritéria byla agregována na asi 20 položek, které pokrývaly veškerá kritéria vyplývající z dotazníkového šetření. Z těchto položek pak bylo vybráno 14 kritérií, které mají zásadní vliv na porovnání jednotlivých variant (bylo by téměř nesmyslné srovnávat varianty v kritériích, pro která se jednotlivé varianty neliší, nebo liší jen minimálně).

Některá kritéria jsou propojená, nebo se částečně jejich významy překrývají, přestože snahou bylo se těmito negativním vlastnostem kritérií vyhnout. Další úpravy však měly charakter spíše zjednodušení a tím snížení vypovídající hodnoty. Dále lze některá kritéria agregovat do kategorií (Životnost, Dopad na životní prostředí, Dopad na okolí při realizaci) v případě požadavku na nižší množství hodnotících kritérií (např. pro výpočet v systému SYMCA). Pro stanovení vah a ohodnocení variant však byly použity neagregované položky tak, jak je ukazuje následující tabulka 1.

**Tab. 1: Stanovená kritéria**

no.	Kritérium
1.	Rizikovitost variant (proces realizace, čistota technologického řešení...)
2.	Pořizovací náklady
3.	Možnost obnovy a inovace
4.	Provozní náklady
	Životnost
5.	Spolehlivost za provozu
6.	Odolnost (vůči vnějším vlivům a geolog. podmínkám)
7.	Morální zastarání
8.	Rychlost výměn a oprav
	Dopad na ŽP
9.	Obtížnost likvidace (recyklovatelnost)
10.	Rizika ohrožení ŽP spojená s provozem
11.	Možnost rozšíření kapacity sítě a její modernizace
12.	Možnost revize a oprav
	Dopad na okolí při realizaci
13.	Velikost záboru a omezení okolí
14.	Znečištění (hluk, vibrace, exhalace, odpad)

Zdroj: vlastní výpočty

## 4.2. Stanovení vah

Váhy byly stanoveny na základě dotazníkového šetření formou aritmetického průměru vah zadaných jednotlivými respondenty, kteří měli za úkol seřadit kritéria podle jejich důležitosti, přičemž shoda důležitosti u kritérií byla možná. Výsledky jsou prezentovány v tabulce 2. Data jsou seřazena podle vah kritérií.

**Tab. 2: Stanovené váhy a pořadí kritérií**

Pořadí	no.	Kritérium	Váha
1.	2.	Požizovací náklady	0,110
2.	4.	Provozní náklady	0,104
3.	5.	Životnost: Spolehlivost za provozu	0,102
4.	12.	Možnost revize a oprav	0,095
5.	11.	Možnost rozšíření kapacity sítě a její modernizace	0,090
6.	8.	Rychlost výměn a oprav	0,088
7.	3.	Možnost obnovy a inovace	0,086
8.	1.	Rizikovitost variant (proces realizace, čistota technologického řešení...)	0,059
9.	6.	Životnost: Odolnost (vůči vnějším vlivům a geolog. podmínkám)	0,054
10.	10.	Dopad na ŽP: Rizika ohrožení ŽP spojená s provozem	0,052
11.	14.	Dopad na okolí při realizaci: Znečištění (hluk, vibrace, exhalace, odpad)	0,046
12.	13.	Dopad na okolí při realizaci: Velikost záboru a omezení okolí	0,045
13.	7.	Životnost: Morální zastarání	0,038
14.	9.	Dopad na ŽP: Obtížnost likvidace (recyklovatelnost)	0,031

Zdroj: vlastní výpočty

Z tabulky vyplývá zásadní převaha kritérií související s náklady na realizaci a provoz řešení. Po nich následují kritéria související se spolehlivostí, životností a možnostmi oprav, výměn a modernizací sítě. Teprve až za nimi jsou témata týkající se životního prostředí, morálního stáří nebo znečištění. Lze tedy zjednodušeně říci, že na prvním místě je dle respondentů cena, na místě druhém je životnost a spolehlivost a na posledních místech jsou témata životního prostředí a znečištění.

## 4.3. Ohodnocení variant

Dalším krokem hodnotové analýzy bylo ohodnocení jednotlivých variant. Za tímto účelem musely být nejprve varianty ohodnoceny respondenty na škále 1 až 10, kdy 10 znamenalo lepší (vhodnější, levnější atd.). Tímto způsobem byly každým respondentem vyjádřeny normalizované vztahy jednotlivých variant vůči sobě navzájem. Z těchto dat pak byla aritmetickými průměry spočtena celková ohodnocení jednotlivých variant tak, jak ukazuje tabulka 3. Data jsou seřazena podle vah kritérií.

**Tab. 3: Ohodnocení jednotlivých variant**

Pořadí	no.	Váha	1) Klasické	2) Multikanály	3) Kolektory	4) SMST
1.	2.	0,110	8,067	5,067	2,467	4,462
2.	4.	0,104	5,500	5,533	5,367	5,385
3.	5.	0,102	3,667	7,067	8,333	6,846
4.	12.	0,095	2,400	6,400	8,667	8,077
5.	11.	0,090	2,200	6,933	8,467	7,308
6.	8.	0,088	2,733	6,667	8,200	7,692
7.	3.	0,086	3,200	6,533	7,733	6,846
8.	1.	0,059	5,133	6,200	5,267	6,769
9.	6.	0,054	3,267	6,467	9,200	5,769
10.	10.	0,052	4,600	5,867	7,467	5,077
11.	14.	0,046	2,933	5,200	7,400	6,154
12.	13.	0,045	3,333	5,067	6,667	5,615
13.	7.	0,038	4,533	7,200	7,733	6,077
14.	9.	0,031	5,067	5,667	5,267	6,692

Zdroj: vlastní výpočty

**4.4. Vyhodnocení variant**

Vyhodnocení porovnání jednotlivých variant bylo provedeno čtyřmi různými metodami pro poskytnutí co nejpřesnějšího výsledku, resp. co největšího množství různých výstupů. Použité metody jsou: Indexová metoda, Hammingova metrika, Ivanovičova odchylka a Upravená Ivanovičova odchylka. V následujících tabulkách jsou vyobrazeny výpočtové užítosti při aplikaci jednotlivých metod a následně pak jejich pořadí po srovnání. První dvě metody jsou lineární, druhé dvě metody jsou deskriptivní.

**Tab. 4: Výsledky Indexové metody**

	1) Klasické	2) Multikanály	3) Kolektory	4) SMST
<b>Užitnost</b>	1,000	1,786	2,128	1,897
<b>Pořadí</b>	4.	3.	1.	2.

Zdroj: vlastní výpočty

**Tab. 5: Výsledky Hammingovy metriky**

	1) Klasické	2) Multikanály	3) Kolektory	4) SMST
<b>Utility</b>	0,632	2,692	3,465	2,909
<b>Rank</b>	4.	3.	1.	2.

Zdroj: vlastní výpočty

V prvních dvou metodách jasně dominují kolektorové a multikanálové způsoby vedení, protože jejich pozitivní vlastnosti převýší vyšší cenu, kde je sice vysoký rozdíl při vysoké váze, nicméně přínosy tato negativa vyváží. To samé lze říci o srovnání mezi multikanály a kolektory.

**Tab. 6: Výsledky Ivanovičovy odchylky**

	1) Klasické	2) Multikanály	3) Kolektory	4) SMST
<b>Utility</b>	3,341	2,073	0,039	1,192
<b>Rank</b>	1.	2.	4.	3.

Zdroj: vlastní výpočty

**Tab. 7: Výsledky Upravené Ivanovičovy odchylky**

	1) Klasické	2) Multikanály	3) Kolektory	4) SMST
Utility	3,728	3,082	0,169	2,043
Rank	1.	2.	4.	3.

Zdroj: vlastní výpočty

Druhé dvě metody nám ukazují naprosto odlišné výsledky než první dvě metody. Zde se jeví jako nejvhodnější klasické ukládání inženýrských sítí. Příčinou tohoto výsledku je příliš vysoká cena ostatních variant. V případě deskriptivních metod stanovení užítosti (korelační koeficient, lineární regrese) totiž vliv kritéria geometricky klesá se snižující se kritériální vahou. Ani v případě použití Upravené Ivanovičovi odchylky, která v tomto případě snižuje vliv vysokého množství kritérií na rozhodování, zůstává pořadí stejné.

#### 4.5. Výsledky

Z výsledků hodnotové analýzy je zřejmé, že přestože jsou moderní technologie (multikanály, kolektory) žádané, zejména kvůli jejich kvalitě a pozitivním vlastnostem, jejich cena je v drtivé většině případů vnímána jako zásadní překážka. Jak vyplynulo z hodnotové analýzy, cena je v případě hledání optimální varianty naprosto zásadním kritériem. Otázkou však je, zda jsou moderní technologie skutečně tak nákladné, jak je odborná veřejnost vnímá. Zodpovězení této otázky by mělo být jedním z bodů budoucího výzkumu.

Odlišnost mezi lineárními a deskriptivními metodami vyhodnocení hodnotové analýzy nám ukazuje na nižší váhu technických faktorů zkoumaných variant oproti jejich nákladnostem, přestože za jistých okolností moderní technologie dokážou svými pozitivy zaujmout a problematiku nákladnosti překonat. Více než kde jinde tedy zde záleží na preferencích investora, který je prvkem nákladnosti limitován ze všech účastníků životního cyklu projektu nejvíce.

Zajímavým výstupem je i zanedbatelná váha témat udržitelného rozvoje a dopadu na životní prostředí. V dnešní době, kdy se jedná o velmi diskutované problematiky, je s podivem, že odborná veřejnost vnímá tato témata jako nejméně závažnou v rámci rozhodovacího procesu. Je otázkou, zda je toto žádoucí stav, a zda se nezapomíná na skutečnost, že jedním z primárních cílů je uspokojení potřeb koncového uživatele. Za otázky ovšem také stojí, zda koncový uživatel (a ne jen on) zná a zda je seznámen se všemi pozitivy a negativy jednotlivých variant řešení. Nedostatečná informovat v tomto směru může být naprosto zavádějící a to nejen pro koncového uživatele, ale pro každého, kdo se na rozhodovacím procesu byt' jen nepatrnou měrou podílí.

#### 5. Závěr

Článek se svým obsahem pokusil poukázat na některé problematiky uplatnění moderních metod ukládání inženýrských sítí oproti stávajícím stále velmi rozšířeným metodám standardních metod ukládání. Jeho stěžejní částí byla hodnotová analýza srovnání čtyř variant technického řešení ukládání inženýrských sítí tak, jak toto téma vnímá odborná veřejnost skrze dotazníkové šetření. V článku byly dále vysloveny některé otázky, kterými by bylo třeba se zabývat v rámci budoucího nebo současného výzkumu. Samotné výsledky hodnotové analýzy mohou být použity pro další výzkum v oboru, případně hlouběji analyzovány. V neposlední řadě bylo cílem článku upozornit na nejistou informovanost odborné veřejnosti o dané problematice, což bude součástí dalšího výzkumu. Materiály publikované v tomto článku navíc mohou být využity jako nástroj, použitelný v rozhodovacím procesu, zabývajícím se ukládáním inženýrských sítí.

Příspěvek byl publikován za podpory grantového projektu SGS 10/016/OHK5/1T/11  
Ekonomika technických řešení sdružených tras inženýrských sítí.

### **Literatura:**

- [1] Doc. Ing. Anna Kadlčáková, CSc. (2002): *Ekonomika ve stavebnictví 50. Hodnotový management*. Praha, ČVUT, 2002.