

PROBLEMATIKA ZÁVISLOSTÍ PŘI POSUZOVÁNÍ KRITičNOSTI PRVKU INFRASTRUKTURY

THE ISSUE OF DEPENDENCIES IN ASSESSING THE CRITICALITY OF THE ELEMENT OF THE INFRASTRUCTURE

Petr ROSTEK, Jiří MARKUCI, Vilém ADAMEC
petr.rostek@vsb.cz, jiri.markuci.st@vsb.cz, vilem.adamec@vsb.cz

Abstract

The paper describes frequently used terms in the field of dependencies between infrastructures and continues to mention the issue of their potential assessment. Decomposition of the linkages is performed in this paper and it outlines the approach to the valuation of primary factors (dependencies) using time and economically dependent criteria. Identified primary dependencies serves to describe secondary impacts out within assessment of the criticality of the infrastructure element.

Key words

Critical infrastructure, influence, dependencies, interdependencies, criticality of critical infrastructure element, criticality.

1 Úvod

Problematika závislostí mezi jednotlivými prvky a sektory infrastruktury je v poslední době velice diskutovanou problematikou v oblasti bezpečnostního výzkumu. Klíčové prvky infrastruktur a infrastruktury jako takové jsou čím dál tím více vzájemně propojovány jak z technologických, tak zejména z ekonomických důvodů. Toto vzájemné vytváření vazeb mezi nimi však na druhou stranu přináší nové výzvy v posouzení kritičnosti prvku infrastruktur s ohledem na závislosti daných infrastruktur. Tyto vazby totiž přispívají jak ke zvyšování celkové důležitosti (kritičnosti – např. závislosti na elektrické energii), tak i k jejímu snižování (např. nouzové služby). Přesto problematika jednotlivých závislostí není doposud řešena v ČR při posuzování kritičnosti potenciálních prvků kritické infrastruktury [4], [16].

Mimořádná událost atakující infrastrukturu X může přímo či nepřímo také zasáhnout infrastrukturu Y. Tato závislost může způsobit závažný dopad na velké regiony a vytvořit tak vlnu vlivu na národní i globální ekonomiku [7]. Závislost mezi jednotlivými infrastrukturami výrazně ovlivňuje velikost dopadu pro společnost na daném území.

2 Vazby mezi infrastrukturami

Nejen v oblasti bezpečnosti, ale i v dalších odvětvích lidské činnosti je v posledních letech snaha o identifikaci, ohodnocení a následné modelování systémů, jejichž části jsou vzájemně propojené, mají na sebe určitý vliv a v důsledku toho jsou na sobě více či méně závislé. Je nutné poznamenat, že tento přístup k hodnocení systémů můžeme nazývat různě: systém systémů [11], komplexní přístup, integrální přístup atp. Problematice závislostí je čím dál tím více věnována pozornost i v oblasti životně důležitých systémů, například u posuzování závislostí prvku kritické infrastruktury.

S narůstajícím rozvojem poznání v oblasti závislosti a komplexních systémů přibývá i velice rozdílných výkladů základních pojmů, které jednotlivé vztahy v těchto systémech popisují. V následujících několika odstavcích budou představeny ty nejvýznamnější pojmy z této oblasti a jejich význam, který lze uplatnit v rámci problematiky posuzování závislosti, potažmo pak při posuzování kritičnosti prvku infrastruktury.

Aby bylo možné vůbec hovořit o závislosti či vlivu jednotlivých systémů, prvku systémů, jednotlivých odvětví kritické infrastruktury nebo službách, musí mezi nimi existovat **vazba (linkage)**. Vazbou máme na mysli existující spojení mezi prvky, infrastrukturami nebo systémy. Z obecného hlediska můžeme vazby rozdělit do tří základních kategorií:

- vazba vlivu;
- vazba závislosti;
- vazba vzájemné závislosti.

Aby mohla existovat závislost infrastruktury A na infrastruktuře B, musí mít infrastruktura B vliv prostřednictvím vazby na infrastrukturu A. Dalším pojmem z oblasti závislosti je tedy **vliv (influence)**. Vlivem tudíž máme na mysli, že infrastruktura A prostřednictvím vazby pozitivně nebo negativně působí [3] (má tendenci vytvářet „změny“ stavu poskytování funkce infrastruktury B) na infrastrukturu B, přičemž infrastruktura B není (nemusí být) na infrastruktuře A závislá.

Pozitivním vlivem pak máme na mysli působení, které snižuje výslednou úroveň kritičnosti prvku infrastruktury (např. vlivem zálohování). Negativním vlivem se má na mysli působení, které zvyšuje úroveň kritičnosti infrastruktury (např. jediná příjezdová komunikace pro zdravotnické zařízení).

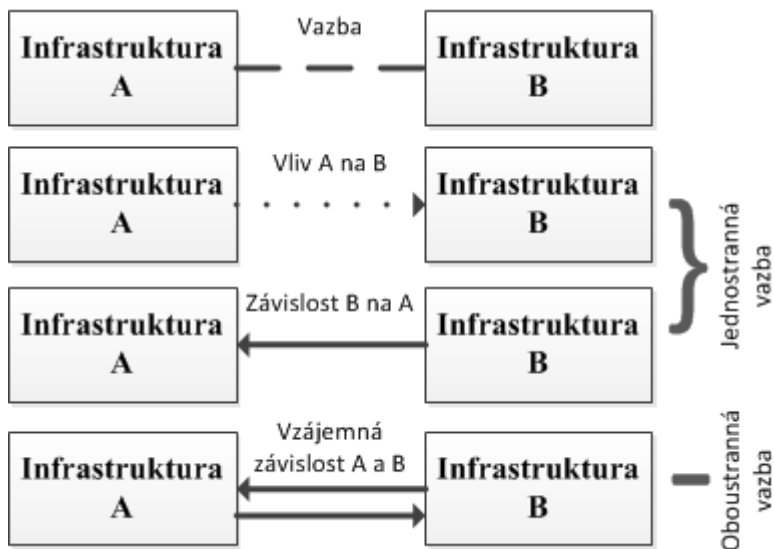
Závislost (dependency) pak reprezentuje vazbu mezi dvěma či více infrastrukturami, přičemž stav např. infrastruktury B je ovlivněn stavem infrastruktury A [7]. Jinými slovy stav infrastruktury B je závislý na stavu infrastruktury A.

O **vzájemné závislosti (interdependency)** Rinaldi a kol. v článku [7] hovoří v případě, že existuje mezi dvěma prvky oboustranný vztah. Tedy že prvek A je závislý na prvku B a zároveň prvek B je závislý na prvku A prostřednictvím rozličných druhů vazeb. Vzájemná závislost tedy znamená oboustranný vztah (skrze oboustranné vazby) mezi dvěma prvky infrastruktur, kde stav jednoho ovlivní, nebo je souvztažný, stav druhého a naopak.

Vzájemná závislost tedy více odpovídá reálným systémům, které nás obklopují. Zejména tedy odpovídá komplexnímu pohledu na problematiku infrastruktur (právě i tzv. infrastruktur kritických), kde lze obecně říci, že funkce jedné infrastruktury je závislá přímo, či nepřímo na funkci jiné infrastruktury a při jejich nefunkčnosti dochází ke společensky nepřijatelným dopadům.

Obrázek 1 pak tyto vazby znázorňuje včetně orientace a směru působení jejich jednotlivých druhů.

Z výše uvedených pojmů dále vyplývá, že je možné posuzovat vazby (tedy vlivy, závislosti a vzájemné závislosti) z různých úrovní pohledu. Těmito úrovněmi mohou být vazby mezi prvky, infrastrukturami, systémy a systémy systémů. Úroveň pohledu pak závisí na zaměření analýzy vazeb. Například zda chceme zkoumat vazby mezi jednotlivými prvky uvnitř infrastruktury, nebo zda nás zajímá pohled zvenčí, tedy jak služby/funkce poskytované jednou infrastrukturou mohou záviset nebo mít vliv na služby nebo funkce poskytované jinou infrastrukturou.



Obr. 1
Srovnání jednotlivých druhů vazeb

Podle Rinaldiho a kol. lze rozeznávat čtyři základní druhy vazeb (týká se všech výše zmíněných kategorií – vazby vlivu, závislosti atd.). Jedná se zejména o vazby fyzické, logické, geografické a kybernetické [7]. Mezi dvěma prvky existuje tzv. **fyzická** vazba, když stav jednoho prvku je fyzicky propojen na materiálním výstupu druhého. Pokud existuje spojení mezi prvkem a informacemi přenášenými skrze informační infrastrukturu, pak jde o vazbu **kybernetickou**. O **geografické** vazbě pak hovoříme v případě, že lokální mimořádná událost může mít vazbu na stav prvků v dané lokalitě. Mezi dvěma prvky existuje **logická** vazba, když stav jednoho závisí na stavu druhého, ale prostřednictvím jiného mechanismu, než je fyzická, geografická nebo kybernetická vazba. [7]

Prvky, infrastruktury a systémy lze dále podle Rinaldiho a kol. [7] dělit v závislosti na tom, zda mají na ostatní prvky vliv nebo závislost, do dvou kategorií: podporované a podporující. Podporované infrastruktury jsou všechny infrastruktury, které jsou závislé na funkci nebo službách jiných infrastruktur. Podporující jsou pak ty infrastruktury, které mají vliv na další infrastruktury.

Druh vazeb lze pojmut i v širším pohledu, například Pederson a kol. v článku [6] klasifikuje vzájemné závislosti (druh vazby) do následujících pěti kategorií:

- **Fyzické** vzájemné závislosti reprezentují častý technický vztah mezi komponenty. Například pád stromu na elektrické vedení způsobený bouřkou mající dopad na ztrátu dodávek elektřiny.
- **Informační** vzájemná závislost je dána informačními nebo řídicími požadavky mezi komponenty. Příkladem pak mohou být SCADA systémy.
- **Geoprostorové** vzájemné závislosti existují mezi prostorově svázanými komponenty.
- **Politicko-procedurální** – procedurální vzájemné závislosti jsou reprezentovány prostřednictvím politických nebo procedurálních vazeb. Souvisejí se stavem nebo změnou v části sektoru infrastruktury a jeho následným efektem v jiné části infrastruktury. Dopad této závislosti může stále existovat například i ve vztahu k obnově aktiva.

- **Společenské** vzájemné závislosti nebo jejich vliv se může propagovat do dalších oblastí, jako jsou např. veřejné mínění, důvěra, strach a kulturní hodnoty.

Je zřejmé, že popis a posouzení vazeb v reálném prostředí propojených infrastruktur přispěje k detailnímu pochopení vazeb mezi jednotlivými odvětvími a prvky infrastruktur. Cílem takového posouzení je pak odpověď na následující otázky:

- Existuje mezi infrastrukturami **vazba**¹?
- Jak rychlá je propagace jednotlivých vazeb, tj. jaká je **intenzita vazby**?
- Co tato vazba způsobí (**závažnost dopadu**)?

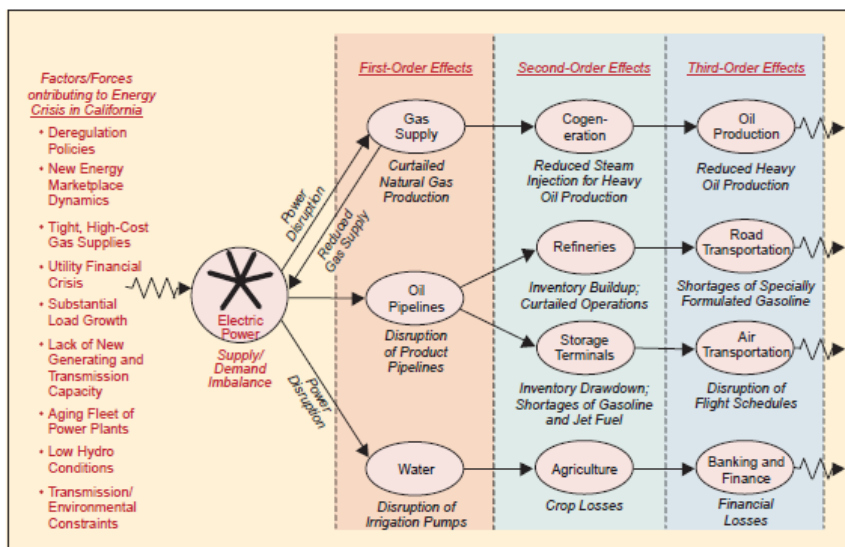
Posouzení primárních vazeb, respektive vazby vlivů pak přispěje k přesnějšímu určení kritičnosti jednotlivých posuzovaných prvků infrastruktur.

3 Primární, sekundární, terciární a n-tá vazba

Pro deskripci vazeb mezi infrastrukturami a jejich prvky je nutné popsat **řetězce vazeb**, které propojují jednotlivé prvky, infrastruktury nebo systémy. Klíčový efekt pro modelování a získání porozumění o těchto řetězcích napříč mnoha sektory může vyvolat potenciaálně nepředvídatelný n-násobný kaskádní či eskalující efekt [6], [7].

Tyto řetězce potenciaálně vyrovnaných mnohonásobných typů vzájemných závislostí se skládají z vazeb mezi celky / částmi infrastruktur nebo jejich prvky. Tyto vazby reprezentují kaskádní efekt následků události nebo odvozené závislosti infrastruktury A na infrastruktuře B. Tyto vazby nemusejí existovat pouze v období působení mimořádné události, ale mohou se měnit např. v čase a jejich chování může být kumulativní. Porozumění prolínání takovýchto systémů prvků a jejich chování v čase jejich narušení je v moderním pojetí reprezentovaném komplexními systémy náročné, a to jak z hlediska plného porozumění, tak i jeho teoretického popsaní. [6]

Takovéto řetězce pak můžeme popsat např. pomocí scénářů a rozdělit vazby na primární, sekundární a terciární. Model těchto vazeb dle Rinaldiho a kol [7] je znázorněn na obrázku 2.



Obr. 2

Znázornění primárních, sekundárních a terciárních vazeb, Rinaldi a kol. [7]

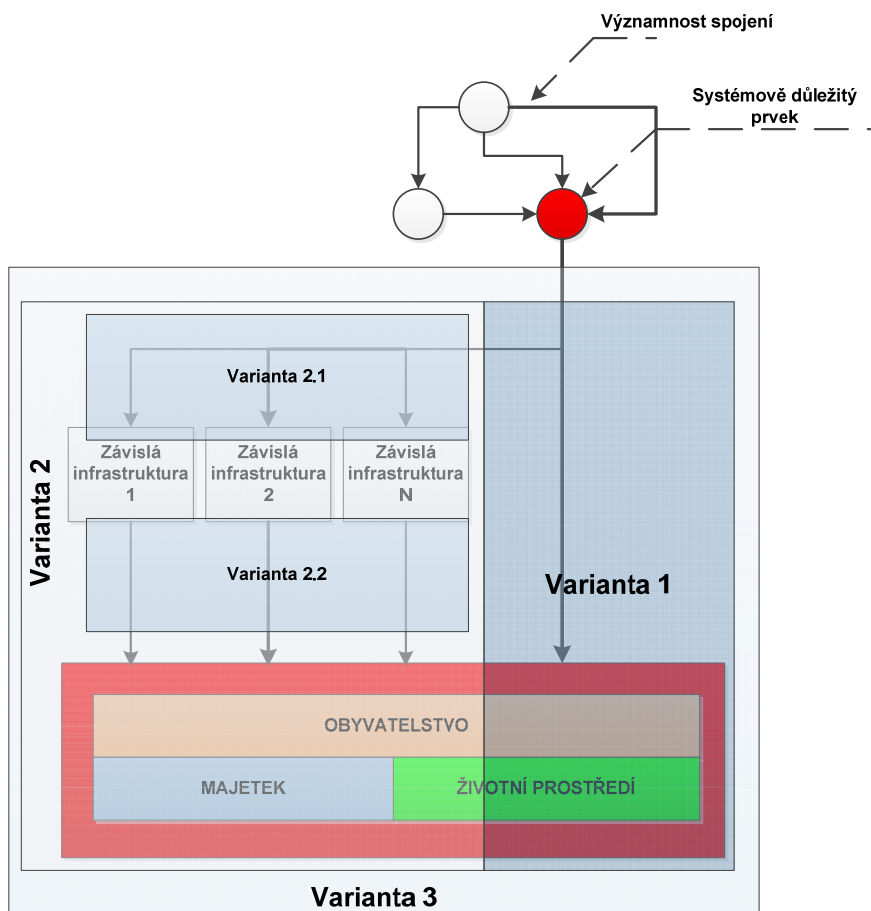
Takovýto přístup je však pro popsání komplexního systému velmi složitý a vyžaduje vysokou míru znalosti u systému a vazeb mezi infrastrukturami. V neposlední řadě vyžaduje velké množství vstupních dat, která jsou nedostupná nebo je velmi obtížné je získat. A zejména pak v konečném důsledku vede k jistému zacyklení.

Pro hodnocení vlivu prvků, infrastruktur a systémů se dále budeme zabývat pouze oceněním primárních vazeb (vlivů) a to z následujících důvodů:

- jejich počet je konečný;
- jsou identifikovatelné a je možné je ocenit;
- dojde tím k podstatnému zjednodušení navrhovaného modelu.

Například u prvků sítě silniční infrastruktury můžeme fyzické vazby zkoumat pomocí metod operační analýzy, jako je metoda kritické cesty (CPM), případně PERT [9] atd. Prostřednictvím těchto metod můžeme určit významnost spojení a následně stanovit systémově důležité prvky sítě dopravní infrastruktury.

Pro stanovení celkové kritičnosti prvku je však nutné ocenit i vliv systémově důležitého prvku na státem chráněné zájmy, tedy životy, zdraví, majetek a životní prostředí, a to prostřednictvím ocenění přímého vlivu [10], viz obrázek 3.



Obr. 3
Varianty vlivu mezi infrastrukturami

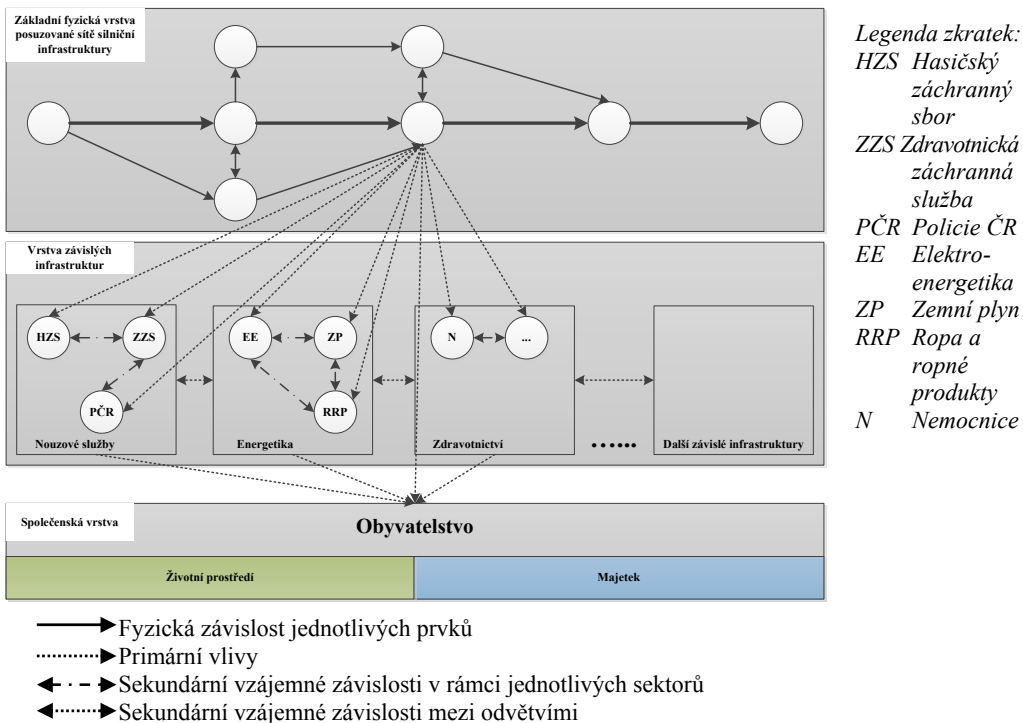
Varianta 1 na obrázku 3 znázorňuje přímý vliv systémově důležitého prvku na chráněné zájmy státu, respektive reprezentuje primární dopady výpadku systémově důležitého prvku infrastruktury. Varianta 2 reprezentuje zprostředkovaný vliv výpadku systémově důležitého prvku prostřednictvím dalších infrastruktur na chráněné zájmy (sekundární dopady). Pro posouzení sekundárního vlivu je však nutné tento vliv rozdělit (obrázek 3, varianta 2.1 a varianta 2.2). Tedy posoudit vliv systémově důležitého prvku na ostatní infrastruktury – respektive jejich prvky (obrázek 3 - varianta 2.1), které mají dále vliv na chráněné zájmy státu (obrázek 3 - varianta 2.2).

Syntézou vlivů varianty 1, varianta 2.1 a varianta 2.2 pak vznikne do jisté míry zjednodušené, ale dostatečně komplexní ocenění vlivu systémově důležitého prvku infrastruktury na chráněné zájmy státu, na obrázku 3 znázorněné variantou 3.

Cílem posouzení těchto vlivů je stanovení celkového dopadu vlivu systémově důležitého prvku na chráněné zájmy státu. Takto stanovený (oceněný) vliv pak přispěje k přesnějšímu určení celkové míry důležitosti systémově důležitého prvku, a také přispěje k posouzení kritičnosti prvku infrastruktury.

4 Teoretický rozbor závislostí

Posuzování vlivu prvku infrastruktury prostřednictvím vazeb je detailněji znázorněno na obrázku 4. Základní fyzická vrstva, reprezentující např. silniční infrastrukturu, znázorňuje množinu jejích prvků (uzlů) a spojení (vazeb) mezi nimi, které reprezentují silniční síť. Jak již bylo napsáno výše, v této vrstvě je možné stanovit systémově důležité prvky.



Obr. 4
Teoretický rozbor závislostí

U systémově důležitých prvků pak hledáme a oceňujeme vazby na prvky závislých infrastruktur, na které má takto stanovený systémově důležitý prvek primární vliv, a které mají dále přímý vliv (dopad) na chráněné zájmy.

4.1 Kritéria pro hodnocení vzájemných závislostí

Pro ocenění vazeb (vzájemných závislostí, závislostí a vlivů) existuje značné množství kritérií, která uplatňují různí autoři v různých přístupech modelování a simulování závislostí / vzájemných závislostí viz [1], [2], [5], [6], [8], [14]. Jedná se o metody založené na: Markovových procesech, Petriho sítích; metodě Monte Carlo, diferenciálních rovnicích; nástrojích založených na agregované nabídce a poptávce (dynamické simulaci); modelech založených na zprostředkovatelích, fyzických vazbách, mobilitě populace; Leontiefově vstupně - výstupním modelu a dalších. Z provedené rešerše literatury a následné analýzy byla vybrána významná a často se vyskytující kritéria pro posuzování vzájemných závislostí. Jedná se zejména o kritéria popisující:

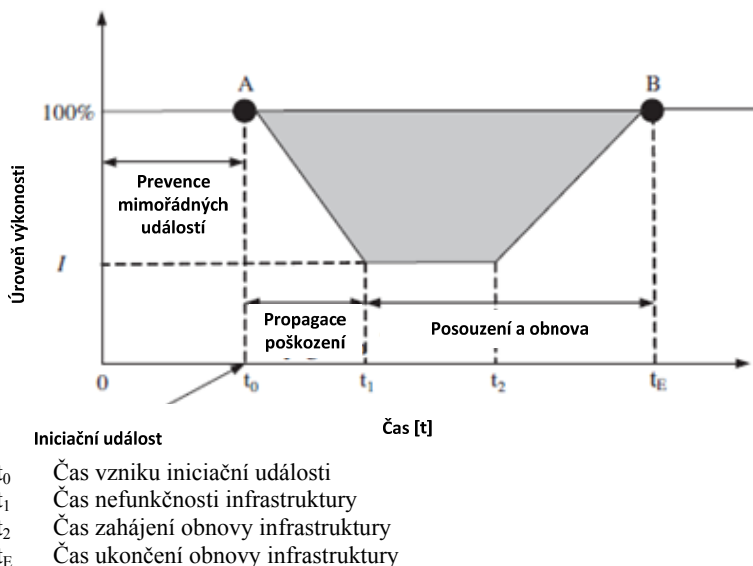
- časové faktory;
- geografické měřítko;
- kaskádní efekt;
- sociálně psychologické vlivy;
- vliv provozních procedur;
- obchodní politiky;
- procedury zálohy a obnovy;
- vládní regulace, právo, regionální politiku;
- zájmy vlastníků;
- nabídku služeb / funkcí;
- poptávku po službách / funkcích;
- tok komodit, jejich přísun, odsun, skladování a spotřebu;
- kritický čas, kritickou kvalitu.

Velkou pozornost věnuje časovým faktorům (tzv. kritický čas - Critical time) při posuzování kritičnosti prvku infrastruktury např. Fekete [1]. Časové faktory mohou reprezentovat např.: délku trvání výpadku, rychlost nástupu výpadku, střední doba do opravy/obnovy, střední doba do obnovení funkce atd. Oyung a kol. v článku [5] pak hovoří o době propagace a době obnovy, viz obrázek 5.

Obrázek 5 znázorňuje jednotlivé časové momenty výpadku prvku infrastruktury. Např. doba propagace je vymezena jako časový interval mezi okamžikem/časem nefunkčnosti infrastruktury (t_1) a okamžikem/časem vzniku iniciační události (t_0).

Trucco a kol. v článku [14] pak uvádí například dobu, po kterou se hrozba vyskytuje, dobu pro zahájení zásahu atd. Rinaldi a kol. [7] pak provádí základní časové rozdělení do dvou skupin, a to na vazby těsné a volné. Těsné vazby, na rozdíl od volných, jsou výrazně ovlivněny závislostí na čase. Pro ilustraci **těsné vazby**: Výpadek služby dodávek elektrické energie okamžitě (mžikově) ovlivní službu veřejné osvětlení (ihned se zhasne). **Volnou vazbu** pak můžeme demonstrovat na následujícím příkladu: Uhelné elektrárny mají tříměsíční lokální zásoby uhlí. Poruchy v železničních dodávkách uhlí tak může systém výroby elektřiny z uhelných zdrojů jen stěží ovlivnit. Shrnutím těsné a volné vazby odpovídají relativnímu stupni závislosti mezi službami. [7]

Kritérium kvality pak dle Fekete v práci [1] může znamenat kvalitu poskytované služby (například dodávek vody) závislé v čase. Trucco a kol. [14] kvalitu poskytované služby vyjadřuje prostřednictvím, např. maximálním a aktuálním servisem, nefunkčností, poškozením, funkční integritou apod.

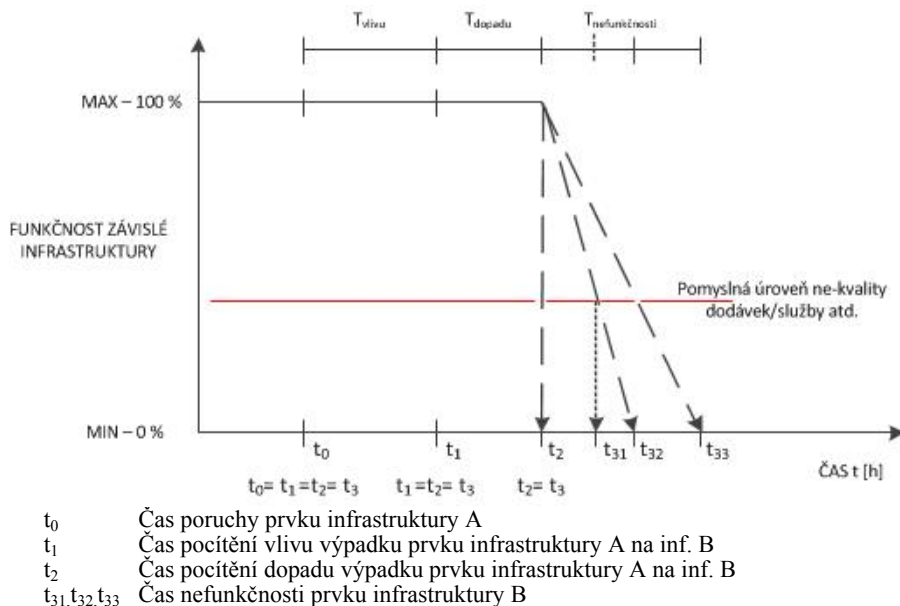


Obr. 5

Typická křivka odezvy výkonu infrastruktury následkem mimořádné události, Oyung a kol. [5]

4.2 Návrh dekompozice časových závislostí

Zásadním faktorem, který ovlivňuje míru závislostí je tedy časový průběh vlivu jednoho prvku, infrastruktury, systému na druhý a v čase proměnná velikost dopadu. Přičemž významné časové okamžiky vlivu výpadku prvku infrastruktury jsou znázorněny na obrázku 6.



Obr. 6

Dekompozice problematiky časových závislostí

V závislosti na jednotlivých časových okamžicích je následně možné identifikovat časová kritéria, která budou popisovat vazby mezi jednotlivými infrastrukturami.

4.2.1 Měřitelná časová kritéria popisující vazby mezi infrastrukturami

Doba pocítění vlivu T_{vlivu} je definována jako časový interval mezi časem/okamžikem pocítění vlivu výpadku prvku infrastruktury A na prvek infrastruktury B (t_1) a časem poruchy prvku infrastruktury A (t_0), viz vztah 1.

$$T_{vlivu} = t_1 - t_0 \quad (1)$$

V extrémních případech může být čas pocítění (t_1) vlivu totožný s časem pocítění dopadu (t_2) anebo také s časem nefunkčnosti prvku infrastruktury B (t_3), viz obrázek 6. Jedná se o nejhorší možnou variantu, kdy dojde prakticky ke skokovému ovlivnění infrastruktury B. Příklad: Výpadek elektrické energie okamžitě ovlivní (vypne) osvětlení v domě.

Doba pocítění dopadu neboli doba propagace poruchy na infrastrukturu B, $T_{dopadu\ na\ I.}$ je vymezena jako časový úsek mezi časem pocítění dopadu výpadku prvku infrastruktury A na prvek infrastruktury B (t_2) a časem pocítění vlivu výpadku prvku infrastruktury A na prvek infrastruktury B (t_1), viz vztah 2. Tato doba je závislá na odolnosti, respektive zranitelnosti prvku infrastruktury B – např. záloha elektrické energie atd. Může nastat situace, kdy čas dopadu na infrastrukturu B je totožný s časem nefunkčnosti prvku infrastruktury B (t_3).

$$T_{dopadu\ na\ I.} = t_2 - t_1 \quad (2)$$

Doba nefunkčnosti infrastruktury B $T_{nefunkčnosti\ I.\ B.}$ je charakterizována jako časový interval mezi časem nefunkčnosti prvku infrastruktury B (t_3) a časem pocítění vlivu výpadku prvku infrastruktury A na prvek infrastruktury B (t_2), viz vztah 3. Tato doba je závislá dle druhu posuzované infrastruktury, a také na kvalitě poskytované služby/dodávky. Např. vodojem je schopen po výpadku elektrické energie poskytovat ještě pitnou vodu. Problémem je, jak dlouho bude poskytovat vodu v požadované kvalitě.

$$T_{nefunkčnosti\ I.\ B.} = t_3 - t_2 \quad (3)$$

Na obrázku 6 je problematika požadované kvality služby či dodávek znázorněna souběžnou linií s vertikální časovou osou. V praktické rovině je těžké posoudit tento kvalitativní faktor. Navrhovaný proces hodnocení vlivu prvku prostřednictvím vazeb na další prvky, infrastruktury nebo systémy (vliv varianty 1 na obrázku 3) je znázorněn na obrázku 7.

Proces ocenění vlivu výpadku prvku infrastruktury začíná identifikací prvku, u kterého chceme zkoumat jeho vliv na další infrastruktury (vliv varianty 2.1, viz obrázek 3). V následujícím kroku jsou určeny všechny vazby, prostřednictvím kterých může mít prvek vliv na prvky infrastruktury v jiném odvětví.

V dalším procesním kroku se posoudí, zda prostřednictvím vazby existuje vliv (například pomocí metod KARS, what-if analysis apod.). V případě, že vliv existuje, je stanovena jeho míra prostřednictvím ocenění stanovených kritérií. Po posouzení a ocenění všech vazeb daného prvku se provede celkové ocenění vlivu daného hodnoceného prvku.

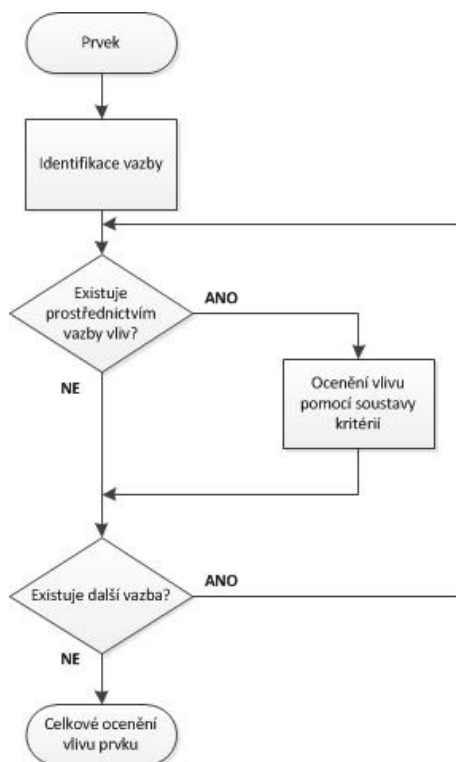
Kritérii pro posouzení primárního vlivu varianty 2.1, obrázek 3 pak může být intenzita vlivu (IV) a jeho dopad (D). Míra vlivu je pak funkcí jeho intenzity a dopadu, viz vztah 4.

$$V_{21} = f(IV, D) \quad (4)$$

$$IV = f(T_{vlivu}, T_{dopadu}, T_{nefunkčnosti}) \quad (5)$$

$$D = f(\text{ekonomické ztráty}) \quad (6)$$

Intenzita vlivu je funkcí časových faktorů (vztah 5), která byla popsána výše. Míra dopadu pak může být dána například ekonomickými ztrátami za hodinu v důsledku vlivu vazby, viz vztah 6.



Obr. 7
Proces ocenění vlivu prvku

5 Závěr

Problematika závislostí (vlivů) je součástí komplexního pohledu na hodnocení kritičnosti prvků infrastruktury, avšak v ČR není doposud této problematice věnována příliš velká pozornost.

Hodnocení závislostí (vlivů) jednotlivých prvků na další prvky v rámci jedné infrastruktury, ale i mimo ni, je značně náročným úkolem. Při rozboru této problematiky je důležitým hlediskem identifikování primárních vazeb (vlivu / závislostí) a popřípadě vzájemných vazeb mezi infrastrukturami. Prostřednictvím těchto vazeb pak může působit vliv (nebo závislost) jedné infrastruktury na druhou. Při analyzování primárních i sekundárních zdrojů bylo zjištěno, že až odborné publikace hovoří o posuzování vzájemných závislostí, v konečném důsledku jsou téměř vždy posouzeny vlivy nebo závislosti. Vzájemnou závislost je totiž v praxi obtížné relevantně ocenit (rozdílný časový charakter, směr, intenzita působení atp.).

Pro posouzení kritičnosti prvku infrastruktury je zejména důležité věnovat pozornost primárním vlivům, které jsou rozhodující pro ocenění primárních závislostí. Je nutné však zvolit

vhodná kritéria, která budou zahrnovat jak časové hledisko vlivu (doba vlivu, dopadu, nefunkčnosti), tak i míru jeho dopadu na závislou infrastrukturu (ekonomické ztráty). Na základě ocenění primárního vlivu je pak možné zpřesnit výslednou úroveň kritičnosti posuzovaného prvku infrastruktury, a proto je důležité věnovat této oblasti značnou pozornost při posuzování kritičnosti prvku infrastruktury.

Článek byl zpracován s využitím výsledků získaných v rámci projektu SP2013/152 s názvem „Vymezení kritérií a jejich implementace při určování kritičnosti prvků dopravní infrastruktury.“

POZNÁMKY:

¹ Vazba vlivů, závislostí a vazba vzájemných závislostí.

Literatura

- [1] FEKETE, A. Common criteria for the assesment of critical infrastructures. *International Journal of Disaster Risk Science*. 2011, roč. 2, č. 1, s. 15-24. ISSN 2192-6395. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s13753-011-0002-y>
- [2] HOLDEN, R., D. V. VAL, R. BURKHARD a S. NODWELL. A network flow model for interdependent infrastructures at the local scale. *SafetyScience*. 2013, roč. 53, s. 51-60. ISSN: 0925-7535. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ssci.2012.08.013>
- [3] MARKUCI, J. *Synergické působení prvků kritické infrastruktury*. [Studentská vědecká a odborná činnost.] Ostrava: VŠB-TUO, Fakulta bezpečnostního inženýrství, 2013. 18 s.
- [4] Nařízení vlády č. 432/2010 Sb., o kritériích pro určení prvku kritické infrastruktury.
- [5] OUYANG, M., L. DUEÑAS-OSORIO a X. MIN. A tree-stage resilience analysis framework for urban infrastructure systems. *Structural Safety*. 2012, roč. 36-37, s. 23-31. ISSN 0167-4730. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.strusafe.2011.12.004>
- [6] PEDERSON, P. et al. *Critical Infrastructure Interdependency Modeling: A Survey of U.S. and International Research*. Idaho: Idaho National Laboratory, Critical Infrastructure Protection Division, Idaho Falls, August 2006.
- [7] RINALDI, S. M., J. P. PEERENBOOM a T. K. KELLY. Identifying, Understanding and Analyzing Critical Infrastructure Interdependencies. *IEEE Control Systems Magazine*. 2001, s. 11 – 25.
- [8] RINALDI, S. M. Modeling and simulating critical infrastructures and their interdependencies. In: *Proceedings of the 37th annual Hawaii international conference on System sciences*. IEEE, 2004, 8 s.
- [9] ROSTEK, P., J. PUPÍKOVÁ, J. MARKUCI a V. ADAMEC. Využití metod operační analýzy pro posuzování kritičnosti prvku dopravní infrastruktury. In: *Sborník z Mezinárodní konference Požární ochrana 2013*. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2013. ISBN 978-80-7385-009-8.
- [10] ROSTEK, P. a V. ADAMEC. Kritičnost prvku infrastruktury a metody k jejímu posouzení. *The Science for Population Protection*. 2013, roč. 5, č. 3, s. 49-63. ISSN 1803-568X.
- [11] Systems Engineering Guide for Systems of Systems. Defense Pentagon: Department of Defense, Washington, DC. 2008. Dostupné z : <http://www.acq.osd.milsedocsSE-Guide-for-SoS.pdf>

- [12] ŠENOVSKÝ, M., V. ADAMEC a P. ŠENOVSKÝ. *Ochrana kritické infrastruktury*. 1. vyd. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. 74 s. ISBN 978-80-7385-025-8.
- [13] *Terminologický slovník pro oblast krizového řízení a plánování obrany státu* [online]. Praha: Ministerstvo vnitra – Odbor bezpečnostní politiky, 2004. Dostupné z: <http://www.mvcr.cz/clanek/terminologicky-slovník-krizove-řízení-a-planovani-obrany-statu.aspx>
- [14] TRUCCO, P., E. CAGNO a M. DE AMBROGII. Dynamic functional modelling of vulnerability and interoperability of critical infrastructures. *Reliability engineering & System Safety*. 2012, roč. 105, s. 51-63. ISSN 0951-8320. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ress.2011.12.003>
- [15] Ústavní zákon č. 110/1998 Sb., o bezpečnosti České republiky, ve znění pozdějších předpisů.
- [16] Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení, ve znění pozdějších předpisů.

Informace o autorech

doc. Ing. Vilém Adamec, Ph.D. (1953)

Vedoucí Katedry ochrany obyvatelstva Fakulty bezpečnostního inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava. Specializuje se na oblasti ochrany obyvatelstva, krizového řízení, integrovaného záchranného systému, civilního nouzového plánování a ochrany kritické infrastruktury.

Absolvent Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava (VŠB – TUO), Hornicko-geologické fakulty, oboru Technika požární ochrany a bezpečnost průmyslu (1977). Doktorandské studium na Institutu bezpečnostního inženýrství téže fakulty ukončil disertační prací na téma „Management záchranných prací – operační a informační střediska“ v roce 2002. Habilitován na Fakultě bezpečnostního inženýrství VŠB – TUO v roce 2009. Téma habilitační práce „Studie možností stanovení úrovně civilní nouzové připravenosti územních celků“.

Autor, příp. spoluautor 16 odborných publikací, více než 30 příspěvků ve sbornících národních a mezinárodních konferencí, 5 příspěvků ve sbornících mezinárodních konferencí v zahraničí, více než 40 článků v národních a zahraničních odborných časopisech. Člen několika vědeckých rad, komisí a redakčních rad časopisů.

Bc. Jiří Markuci (1988)

Student magisterského studia na Fakultě bezpečnostního inženýrství Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, obor Bezpečnostní plánování.

Zaměřuje se na problematiku kritické infrastruktury, ochrany obyvatelstva, analýzy rizik a krizového řízení. V rámci své specializace je spoluautorem odborných publikací a je spoluřešitelem několika projektů v oblasti kritické infrastruktury.

Ing. Petr Rostek (1986)

Interní doktorand Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, Fakulty bezpečnostního inženýrství, Katedry ochrany obyvatelstva. Zabývá se problematikou ochrany obyvatelstva, krizového řízení a posuzováním územně důležité infrastruktury.

Absolvent magisterského studijního programu na Vysoké škole báňské – Technické univerzity Ostrava, specializace Bezpečnostní plánování (2011).