

TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ HODNOTENIA ODOLNOSTI KRITICKÝCH INFRAŠTRUKTÚRNYCH OBJEKTŮV

THE THEORETICAL BASIS OF THE ASSESSMENT OF THE RESILIENCE OF CRITICAL INFRASTRUCTURE OBJECTS

Katarína HOTEROVÁ, Nikola CHOVANČÍKOVÁ
katarina.hoterova@fbi.uniza.sk, nikola.chovancikova@fbi.uniza.sk

Abstract

At present, the company is dependent on the safe functioning of selected areas. these are areas such as transport, energy, healthcare and others. such areas can be identified as critical. To ensure their basic and safe operation, their resilience must be addressed. For a proper evaluation of resilience, it is necessary to understand the view of the issue of resilience. A number of researches and publications are devoted to the issue of resilience or vulnerability. In general, resilience can be said to be the ability of an element or service to withstand the adverse effects of an adverse event.

Key words

Assessment, critical infrastructure, methods, resilience.

ÚVOD

V súčasnosti je spoločnosť závislá od bezproblémového fungovania určitých prvkov alebo služieb. Výpadok takýchto prvkov alebo služieb ovplyvňuje kvalitu poskytovaných služieb, život, zdravie a majetok obyvateľov, ale aj samotné fungovanie štátu. Fungovanie štátu môže byť ovplyvnené z hľadiska ekonomických zdrojov, bezpečnej prevádzky dopravných, informačných a komunikačných služieb, dodávok tepla a elektrickej energie a iné. Takéto prvky alebo služby môžu byť označené ako kritické. V minulosti sa používal termín dôležité prvky infraštruktúry. Ak má byť prvok alebo služba zaradená medzi kritické musí spĺňať kritéria zaradenia v krajine, v ktorej sa nachádza. Jedná sa o prierezové a sektorové kritéria, ktoré v rámci Európskej únie vychádzajú zo Smernice rady 2008/114/ES [1]. Táto smernica pojednáva o identifikácii a označení európskych kritických infraštruktúr a o zhodnotení potreby zlepšiť ich ochranu. Pre stály a bezpečný chod takýchto prvkov alebo služieb je nutné zaistiť ich úroveň bezpečnosti na požadovanej úrovni, ktorá úzko súvisí s odolnosťou prvkov alebo služieb.

Pojem odolnosť je možné chápať z viacerých pohľadov. Tak ako pri ostatných pojmoch, aj tu platí, že koľko je autorov daných definícií, tak toľko aj existuje samotných definícií. Definícia daného pojmu závisí od oblasti zamerania autora. Vo všeobecnosti sa však pojem odolnosť chápe ako schopnosť prvku alebo služby odolávať nepriaznivým vplyvom vzniknutej nežiadúcej udalosti. V zahraničí sa problematike odolnosti venuje viacero autorov. V rámci Slovenskej republiky sa jedná skôr o vedecké projekty na akademickej pôde, do ktorých sú zapojené aj autorky a ktorých dizertačné práce sú zamerané na hodnotenie odolnosti. K najviac prepracovaným metodikám venujúcim sa hodnoteniu odolnosti patrí metodika CIERA, ktorá bude bližšie popísaná v článku.

1 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ HODNOTENIA ODOLNOSTI V ZAHRANIČÍ

Na zabezpečenie základných funkcií fungovania kritických prvkov alebo služieb je potrebné zaistiť ich bezpečnosť. V rámci hodnotenia bezpečnosti je nutné poznať stav odolnosti hodnotených prvkov alebo služieb.

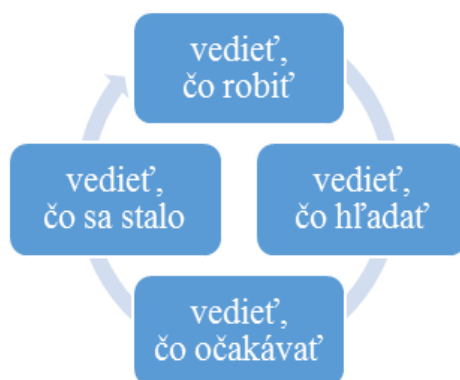
Pojem odolnosť je možné nájsť v rôznych oblastiach skúmania, napríklad v psychológii, v medicíne, v ekonomike, v environmentálnych vedách, i v oblasti bezpečnosti. Vo všeobecnosti sa dá však tvrdiť, že odolnosť je schopnosť systému pripravovať, odolávať a prispôbiť sa negatívnym vplyvom a ich následkom. Jedným z mnohých prístupov k analýze odolnosti je vyčíslenie hodnotenia odolnosti, ktoré je založené na podobných systémových princípoch, ktoré sa dajú zhrnúť do nasledujúcich štyroch krokov:

- plánovať/pripravovať,
- absorbovať,
- zotavovať,
- prispôbiť sa.

Na aplikáciu tohto prístupu je nutné, aby manažéri naplánovali a pripravili systém voči pôsobeniu nežiadúcej udalosti pri zachovaní najdôležitejších funkcií systému. Takto pripravený systém je schopný nežiadúce dopady lepšie absorbovať, zotaviť sa z účinkov nežiadúcej udalosti a aj pružnejšie sa prispôbiť novým podmienkam. Tieto štyri kroky sú následne analyzované v rámci štyroch oblastí s cieľom vytvoriť maticu hodnotenia odolnosti. Tými štyrmi oblasťami sú:

- fyzická oblasť,
- informačná oblasť,
- kognitívna oblasť,
- organizačná/sociálna oblasť [2].

Meranie a/alebo analýza samotnej odolnosti systémov je multifunkčnou, multiúrovňovou a multi- odborovou činnosťou. Týka sa zložitých systémov a závisí od stupnice a úrovne požadovaných detailov, ktoré sa menia v závislosti na jedinečnosti každého posudzovaného systému a jeho odolnosti. V rámci tohto prístupu sú predstavené štyri základné body analýzy odolnosti, ktoré sú zobrazené na Obrázok 1.

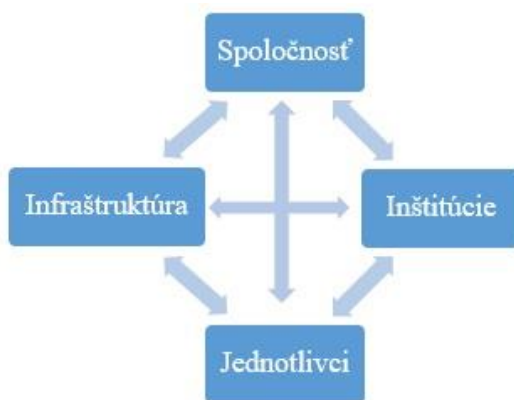


Zdroj [3]

Obr. 1
Základné body analýzy odolnosti

Prvý bod, vedieť, čo robiť, znamená schopnosť poznať skutočné narušenia a byť schopný na neho reagovať alebo prispôbiť funkcie existujúcim podmienkam. Druhý bod, vedieť, čo hľadať, znamená schopnosť rozpoznať kritické faktory interného a externého prostredia prostredníctvom monitorovania, ktoré môže odhaliť existujúce hrozby. Tretí bod, vedieť, čo očakávať, znamená schopnosť riešiť potenciálne budúce hrozby, predvídať príležitosti na zmeny, identifikovať zdroje možného ohrozenia. Posledný bod, vedieť, čo sa stalo, je kritickým bodom hodnotenia odolnosti, znamená schopnosť vziať si ponaučenie s prihliadnutím na úspechy alebo neúspechy [3].

Na základe výsledkov Severského strediska excelentnosti v oblasti bezpečnosti a sociálnej bezpečnosti je možné tvrdiť, že odolnosť a bezpečnosť je tvorená štyrmi piliermi, a to spoločnosť, inštitúcie, jednotlivci a samotná infraštruktúra, pozri Obrázok 2. Každý z týchto pilierov by mal byť v dobrom stave a plynulo spolupracovať s ostatnými prvkami, aby bola zachovaná odolnosť a bezpečnosť [4].



Zdroj [4]

Obr. 2
Vzťahy medzi štyrmi piliermi odolnosti

Ďalším prístupom k hodnoteniu odolnosti môže byť aplikácia „Metodika krízového riadení KISDIS“. Je to metodika, ktorá vznikla za podpory výskumného projektu č. VG20122015070 – *Automatizovaný komplexný informačný systém pro vzdálené řízení krizových situací v železniční dopravě s důrazem na kritickou infrastrukturu*. Cieľom metodiky je poskytnúť krízovým manažérom novú metodiku krízového riadenia, teda podklady pre proces automatizovaného a vzdialeného riešenie krízových situácií [5].

Ďalšou dôležitou metodikou je metodika hodnotenia odolnosti, ktorá vznikla za podpory projektu č. VI120152019049 „RESILIENCE 2015: *Dynamické hodnocení odolnosti souvztažných subsystémů kritické infrastruktury*“. Cieľom je vytvoriť univerzálne použiteľné hodnotenie odolnosti kritickej infraštruktúry a porovnanie odolnosti jednotlivých prvkov. Výsledkom tohto projektu je metodika CIERA, ktorá definuje algoritmus a základné komponenty hodnotenia ako podklad pre identifikáciu indikátorov použiteľných pri odhade úrovne odolnosti posudzovaného prvku alebo služby. Odolnosť popisuje ako cyklický proces, ktorý spočíva v neustálom zdokonaľovaní prevencie, absorpcie, obnovy a adaptability hodnoteného prvku alebo služby [6].

Odolnosť je možné vnímať aj z pohľadu spôsobu vyrovnania sa prvku alebo služby s negatívnym vplyvom nežiadúceho javu. Môže sa jednáť o:

- tvrdú odolnosť – kedy pôsobí priama sila štruktúr alebo inštitúcií, ktoré sú pod tlakom, napríklad zvýšenie odolnosti prostredníctvom osobitných posilňujúcich opatrení na zníženie pravdepodobnosti kolapsu systému,
- mäkkú odolnosť – schopnosť systému absorbovať a zotaviť sa z pôsobenia negatívneho účinku nežiadúceho javu, čiže bez zásadných zmien funkcií alebo organizácie štruktúry, ktoré závisia od flexibility a prispôsobivej kapacity systému [7].

2 TEORETICKÉ VÝCHODISKÁ DOMÁCICH PRAMEŇOV HODNOTENIA ODOLNOSTI

Väčšina aktivít a riešení nových prístupov k ochrane a obrane kritickej infraštruktúry, ktorá súvisí s odolnosťou, je vykonávaná na akademickej pôde prostredníctvom projektov, medzi ktoré sa radia nasledovné projekty:

- VEGA č. 1/0240/15 „*Výskum nástrojov pre riadenie bezpečnosti a ochrany kritickej infraštruktúry v sektore dopravy*“, ktorý bol riešený na Fakulte bezpečnostného inžinierstva,
- projekt č. APVV-0471-10 „*Ochrana kritickej infraštruktúry v sektore doprava*“, ktorý sa venoval analýze súčasného stavu, posudzovaním a riadením rizík v kritickej dopravnej infraštruktúre, zadefinovaním a posudzovaním možných prvkov v kritickej dopravnej infraštruktúre. Hlavným cieľom projektu bolo vytvorenie a rozvoj širokej základne teoretických poznatkov potrebných na prijatie optimálnych rozhodnutí v procese tvorby strategických a koncepcných dokumentov na úseku ochrany kritickej infraštruktúry Slovenskej republiky,
- VEGA č. 1/0159/19, ktorý sa venuje „*Hodnoteniu úrovne odolnosti kľúčových prvkov pozemnej dopravnej infraštruktúry*“,
- projekt, ktorý je zaradený do Grantového systému Žilinskej univerzity a venuje sa „*Hodnoteniu odolnosti subsystémov infraštruktúrnych objektov*“,
- projekt IGP/2019/02, ktorý je v riešení a je orientovaný na „*Návrh metodiky hodnotenia odolnosti infraštruktúrnych objektov v sektore doprava*“. V rámci riešenia projektu je snaha aplikovať metodiku CIERA na podmienky Slovenskej republiky. Táto aplikácia sa vytvára za spolupráce odborníkov z praxe. Hlavným námetom vytvorenia takejto metodiky je ľahšia aplikácia v praxi prostredníctvom zjednodušenia hodnotených indikátorov a zúžením hodnotiacej stupnice a pridaním indikátorov, ktoré sú špecifické pre sektor doprava.

3 MOŽNÉ METÓDY VYUŽÍVANÉ PRI HODNOTENÍ ODOLNOSTI

Pre zjednodušenie a jednotnosť hodnotenia vznikli metódy a metodiky hodnotenia odolnosti. Tieto metódy môžu byť použité v rôznych oblastiach. Z dostupných zdrojov nebolo možné zistiť, či v rámci Slovenskej republiky bola alebo je aplikovaná niektorá z metód. Ako bolo vyššie spomenuté, projekt IGP/2019/02, sa snaží o implementáciu metodík zo zahraničia na podmienky Slovenskej republiky. Na základe vykonanej analýzy využívaných metód zameraných na hodnotenie odolnosti sa radia napríklad metódy a metodiky spomenuté v nasledujúcej kapitole. Z dostupných zdrojov sa za najviac prepracované a vhodné na modifikáciu považuje metodika CIERA a návrh indikátorov odolnosti v doprave, preto sú aj bližšie popísané.

HAZUS – MH

HAZUS – MH je štandardizovaná metodika vyvinutá Federálnou agentúrou pre riadenie mimoriadnych udalostí. Táto metodika je vo forme softvérového balíka, ktorý poskytuje používateľom prístup k modelom na odhadovanie potenciálnych strát spôsobených zemetrasením, povodňami a hurikánmi. Metodika využíva geografické informačné systémy na odhad fyzických, ekonomických a sociálnych dopadov nežiadúcich vyššie spomenutých udalostí. Graficky znázorňuje limity identifikovaných vysokorizikových lokalít, kde hrozia zemetrasenia, hurikány a povodne. Používateľ a môžu vizualizovať priestorové vzťahy medzi spoločnosťou a inými, trvalo fixovanými, geografickými aktívami a zdrojmi pre modelovanie konkrétneho ohrozenia, čo je kľúčová funkcia v procese plánovania ešte pred vznikom katastrofy [8].

IRVS

Skratka IRVS znamená integrovaný rýchly vizuálny skrining budov. Je to nástroj, ktorý pomáha používateľom zostaviť predbežné hodnotenie relatívneho rizika a odolnosti pätnástich typov budov voči dvadsiatim nežiadúcim udalostiam, vrátane prírodných ohrození. Znalosti na výpočet samotnej hodnoty rizika a aj odolnosti sú obsiahnuté v tomto nástroji. Hlavné parametre sa vypočítajú automaticky pomocou vopred priradených váh, logických interakcií a algoritmov. Odolnosť sa počíta na základe kombinácie robustnosti, absorpcie a faktorov zotavenia. Výstupy tohto nástroja slúžia na podporu hodnotenia a návrhu opatrení na zvýšenie úrovne bezpečnosti. Výstup IRVS vedie k predbežnému hodnoteniu rizika pre sledovaný typ budovy, medzi ktoré sa radia:

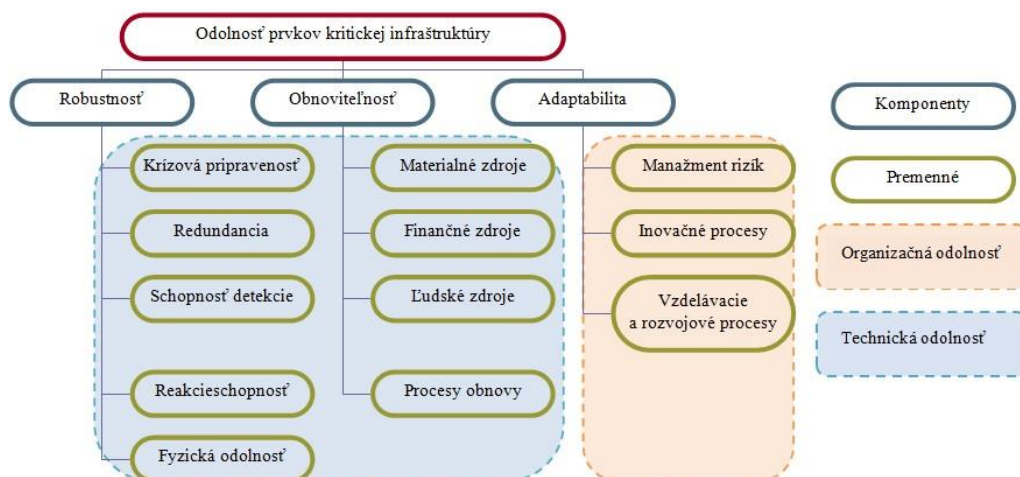
- interné (narušenie, výbuch, chemické/biologické/rádiologické úniky),
- externé výboje a úniky,
- zemetrasenie,
- povodne,
- vietor,
- zosuvy pôdy,
- oheň [8].

Metodika CIERA

Podstatou metodiky CIERA je zadefinovať postup a kritéria pre hodnotenie odolnosti prvkov kritickej infraštruktúry. Cieľom je definovať algoritmus a základné komponenty hodnotenia ako podklad pre identifikáciu premenných metrick použitelných pri odhade úrovne odolnosti. Podľa metodiky CIERA odolnosť popisuje vnútornú pripravenosť subsystémov kritickej infraštruktúry voči negatívnym hrozbám, respektíve schopnosť zaistiť a udržovať svoje základné funkcie pri pôsobení negatívnej udalosti vonkajšieho alebo vnútorného charakteru. Odolnosť je významným faktorom procesov manažmentu ochrany prvkov kritickej infraštruktúry. Kľúčovým pri hodnotení a posilňovaní odolnosti je pochopenie a jednoznačné vymedzenie. Odolnosť je cyklický proces, ktorý spočíva v neustálom zdokonaľovaní prevencie, absorpcie, obnovy a adaptability systému. Táto metodika vníma odolnosť ako vnútornú pripravenosť prvkov voči negatívnym hrozbám, schopnosť zaistiť a udržiavať základné funkcie pri pôsobení nežiadúcej udalosti, ktorá môže byť vnútorného alebo vonkajšieho charakteru [6].

Obrázok 3 zobrazuje jednotlivé komponenty a ich premenné metodiky CIERA, ktorý je tvorený dvoma oblasťami, a to:

- technologická a fyzická ochrana (safety),
- manažment organizácie (security).



Zdroj [6]

Obr. 3
Komponenty a premenné metodiky CIERA

Prvá oblasť je označovaná ako technická odolnosť a je definovaná robustnosťou a obnoviteľnosťou hodnoteného prvku. Posilňovanie technickej odolnosti je realizované vždy iba k hodnotenému prvku. Druhá oblasť je označovaná ako organizačná odolnosť a je definovaná úrovňou procesov v rámci organizácie, ktoré sú vytvárané za účelom adaptácie hodnoteného prvku na nežiadúcu udalosť. Každá oblasť zahŕňa špecifické komponenty a premenné. Jednotlivé premenné sa hodnotia merateľnými položkami. Tieto merateľné položky sú v rámci metodiky slovné popísané a je im priradené bodové hodnotenie. Výstupom metodiky je grafické zobrazenie jednotlivých premenných, podľa ktorého sa následne úroveň odolnosti hodnotení do piatich úrovni, a to na vysokú, akceptovateľnú, nízku, nedostatočnú a kritickú úroveň odolnosti [6].

Leobsonovej návrh indikátorov dopravnej odolnosti

Metóda návrhu indikátorov je špecifická pre dopravný sektor. Pri procese hodnotenia v tomto prístupe sa určujú dva smery analýzy. Jeden prístup súvisí so infraštruktúrnou sieťou a druhý prístup súvisí s prevádzkou poskytovaných služieb vzhľadom na prepravovanú kapacitu a dopyt. Na základe toho sa vytvoria ukazovatele, ktoré sa dajú použiť objektívne a jednotne. Robustnosť a redundancia priamo súvisia s dopravným systémom a jeho schopnosťou udržať prijateľnú úroveň služby/systému, zatiaľ čo pripravenosť a rýchlosť sú v zásade spojené s vážnosťou udalosti a dostupnosťou, a kvalitou dostupných zdrojov. Týmto spôsobom je možné dosiahnuť vnútornú odolnosť dopravného systému, ktorá sa chápe ako schopnosť udržať systém na prijateľnej úrovni [9].

ZÁVER

Cieľom článku bolo vykonanie stručnej analýzy jednotlivých prístupov k pojmu odolnosť. Každý autor vníma pojem odolnosť rôzne. A však vo všeobecnosti sa dá tvrdiť, že odolnosť je istá schopnosť reakcie na nežiadúce účinky negatívnych javov. Jedná sa o cyklický

proces, kde sa hodnotia jednotlivé časti celého cyklu odolnosti. Jedná sa o časti ako je prevencia, absorpcia, obnova a adaptabilita. Jednotlivé časti v sebe obsahujú indikátory. Hodnotenie odolnosti je potrebné na to, aby bolo zaistené bezpečné fungovanie základné prvkov alebo služieb, ktoré sa môžu označiť ako kritické. Na základe vykonanej analýzy sa dospelo k názoru, že v rámci Slovenskej republiky je riešená problematika v začiatkoch a má zmysel venovať jej pozornosť a oboznamovať aj potencionálnych prevádzkovateľov kritických prvkov alebo služieb o potrebe hodnotenia odolnosti. Autori článku sa venujú hodnoteniu odolnosti, v rámci svojho výskumu došli k záveru, že je nutné navrhnuť metodiku vhodnú na hodnotenie odolnosti v praxi. Návrh metodiky predstavuje modifikáciu metodiky CIERA a Leobsonovej návrhu indikátorov. V spolupráci s odborníkmi v praxi je kľúčové metodiku CIERA zjednodušiť podmienkam praxe, a to prostredníctvom zjednodušenia slovného a bodového hodnotenia jednotlivých premenných. Ďalej začleniť indikátory špecifické pre dopravný sektor a priradiť im slovné a bodové hodnotenie, aby došlo k jednotnosti celej metodiky.

Článok vznikol za podpory IGP 2019/02 Návrh metodiky hodnotenia odolnosti infraštruktúrnych objektov v sektore doprava.

Literatúra

- [1] HOTEROVÁ, K., Z. DVOŘÁK a P. BLAHO. Objectification of criteria for a critical infrastructure elements in the rail transport sub-sector. In: *TRANSCOM 2019 13th International Scientific Conference of Young Scientists on Sustainable, Modern and Safe Transport*. Žilina: University of Zilina, 2019, s. 231. ISBN 978-80-554-1565-9.
- [2] LINKOV, I., D. EISENBERG, M. BATES, D. CHANG, M. CONVERTINO, J. ALLEN, S. FLYNN a T. SEAGER. Measurable resilience for actionable policy [online]. *Environmental Science and Technology*. 2013, Volume 47, s. 10108–10110. Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/es403443n>
- [3] HOLLNAGEL, E., ed. *RAG – the Resilience Analysis Grid. Resilience engineering in practice – A guidebook* [online]. Aldershot, UK: Ashgate, 2011, s. 275–296. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479715303650>
- [4] Nordic Centre of Excellence on Resilience and Societal Security. *Resilience to natural hazards: An overview of institutional arrangements and practices in the Nordic countries*. [online]. Dostupné z: http://nordress.hi.is/wp-content/uploads/2017/10/WP6-1-report-of-task1-country-review_formatted.pdf
- [5] DVOŘÁK, Z., J. ENGLISH, P. HRŮZA, R. KASAL a P. KOPČÁK. *Metodika krizového řízení KISDIS*. Praha, 2016, 100 s.
- [6] ŘEHÁK, D. a kolektiv. *Metodika hodnocení resilience prvků kritické infrastruktury*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2018, 109 s.
- [7] MOENCH, M. Adapting to Climate Change and the Risks associated with Other Natural Hazards: Methods for Moving from Concepts to Action. In: *The Earthscan Reader on Adaptation to Climate Change*. Earthscan, London, 2009, s. 249–280.
- [8] GAITANIDOU, E., M. TSAMI a E. BEKIARIS. A review of resilience management application tools in the transport sector [online]. In: *Proceeding of 3rd Conference on Sustainable Urban Mobility. Book Series: Procedia Engineering*. 2017. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146517303964>
- [9] LEOBONS, C. M., V. B. G. CAMPOS a R. A. DE MELLO BANDEIRA. Assessing Urban Transportation Systems Resilience: A Proposal Of Indicators [online]. In: *Transport*

Research Procedia 37. 2018, s. 922–329. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Camila_Leobons/publication/330669749_Assessing_Urban_Transportation_Systems_Resilience_A_Proposal_of_Indicators/links/5d3daebf92851cd0468dfb79/Assessing-Urban-Transportation-Systems-Resilience-A-Proposal-of-Indicators.pdf