

# ÚVAHA O INFRASTRUKTUŘE

Vladimír Matuš

*V naučných slovnících je infrastruktura zpravidla definována jako „struktura, která je základem jakéhokoliv systému nebo organizace.“ Z této poněkud všeobecné definice je zřejmé, že infrastruktura znamená něco zcela jiného pro bankéře, vojevůdce, obchodníka, inženýra, dentistu nebo zahradníka. Pro potřeby městského plánovače infrastruktura pravděpodobně obsahuje veškerá zařízení, která slouží městu nebo regionu, včetně dopravy osob, materiálů a informací.<sup>1)</sup>*

Infrastruktura navíc musí nutně zahrnovat celou řadu subsystémů, například zásobníky a rozvod zemního plynu, systém výroby a rozvodu elektrické energie, systém kanalizace a čištění odpadních látek, zdroje, čištění a rozvod pitné vody. V odborné literatuře někdy bývá jako součást infrastruktury uváděna též „zelená infrastruktura“ (green infrastructure), tedy parky, hřbitovy, řeky, potoky a chráněné přírodní rezervace. Relativně krátkou dobu je za součást městské infrastruktury též považováno zásobování potravinami a jejich lokální výroba, neboli tzv. „městské zemědělství“ (urban agriculture) a „městské ovocnářství a zahradnictví“ (edible urban landscape).

Ekonomie měst, regionů, států a celých kontinentů závisí na výstavbě, údržbě a spolehlivosti infrastruktury, která je více než kdykoli v minulosti předpokladem existence současné civilizace. Stále častěji se setkáváme (vzhledem ke všeobecné globalizaci všech aspektů denního života, postupného globálního ekonomického propojení a vzájemné závislosti) s novým pojmem „globální infrastruktura“.

Z toho vyplývá, že máme celou řadu možností, jak se na infrastrukturu dívat. Z hlediska rozsahu a velikosti může být infrastruktura globální, kontinentální, státní, regionální, městská, městských čtvrtí nebo dokonce i jednotlivých budov. Dále lze zkoumat a analyzovat infrastrukturu z hlediska plánování a financování nebo problémů konstrukce a výstavby. Infrastruktura může být též posuzována z hlediska údržby, spolehlivosti, odolnosti a pružnosti.

Výchozí bod našich úvah může být antropocentrický, který zahrnuje nejen základní potřeby člověka (nasyčení, oblečení a střeška nad hlavou), ale i představy kvality života, pohodlí, nároky, touhy, žádosti a aspirace, což je ve své podstatě obsah široké palety potřeb kulturních. Často zapomínáme, že tyto druhotné, sekundární potřeby jsou pro spokojenost civilizovaného člověka stejně důležité jako potřeby základní.

V úvahách o infrastrukturu je možné například začít denními aktivitami, smažením řízků, pečením bábovky, elektrickým světlem, vysáváním prachu, sprchováním, splachováním záchodu nebo plněním automobilu benzinem. Od elektrické žárovky nebo od plynového hořáku, od záchodové mísy nebo benzinové pumpy můžeme vystopovat a zmapovat složité rozvodné a dopravní sítě, vazby a propojení mezi naším uspokojováním denních potřeb, fyzickou pohodou a vzdálenými zdroji energie a surovin. Náš životní styl a naše nároky nepochybně diktují výstavbu elektráren, těžbu uhlí, ropy, nerostů, budování rozvodných sítí, železnic, dálnic, letišť a přístavů. Rifkin<sup>2)</sup> nazývá infrastrukturu „exoskeletem“ naší současné civilizace.

Problémy infrastruktury jsou proto velice široké a komplikované a ne vždy snadno pochopitelné a řešitelné, obzvláště v obdobích rychlých změn a převratů. Doufáme, že nastávající generace se zhostí těchto úkolů úspěšně. Naše současné a budoucí problémy infrastruktur by měly být vítanými náměty pro vysokoškolské dizertace a výzkum.

## Energie

Z hlediska městského a regionálního plánovače jsou nejdůležitější zdroje energie a jejich specifické infrastruktury. Energie ve svých mnoha formách nejen ovlivňuje denní život společnosti, ale je předpokladem existence soudobé, na technologii závislé civilizace.

V odborné literatuře se zpravidla setkáváme se čtyřmi pojmy:

1. energie neboli síla, která umožňuje fyzickému systému pracovat, přičemž obnovitelná je energií z teoreticky nevyčerpatelného zdroje;
2. energetické zdroje – např. geotermální, sluneční, měsíční (zdroj mořského přílivu a odlivu);
3. nosiče energie – tekoucí nebo padající voda, vítr, vodík, uhlí, dřevo, nafta, zemní plyn, benzin;
4. skladování energie – elektrické baterie, ocelová péra, stlačený vzduch, zadržaná voda.

Každý zdroj energie má určité charakteristiky, které z našeho antropocentrického hlediska můžeme klasifikovat jako výhody nebo nevýhody. Nesmíme však zapomínat, že za výhody a užitečnost musíme vždy nějak zaplatit. Cena za náš blahobyt je, až na malé výjimky, placená systematickou exploatací a ničením přírodního prostředí.

To samo o sobě nemůže být důvodem k iracionálnímu sebeobviňování, protože exploatace přírodního prostředí je běžnou praxí všeho živého. V principu to není nic více než závislost živých organismů na těžbě energie

1) Text je dalším příspěvkem našeho čechokanadského spolupracovníka, tentokrát na téma infrastruktury.

2) Jeremy Rifkin (1943) je americký ekonom, prognostik a environmentalista. (Pozn. red.)

z nejsnadněji dosažitelného a pokud možno nejbližšího okolí. Problémem, který musíme vyřešit, je naše přílišná úspěšnost. Nemáme konkurenci a nikoho, kdo by nás „držel v mezích“. Je samozřejmě nutné v zájmu příštích generací pokračovat v naší úspěšnosti, ale za minimální cenu. Zpátky jít nelze a je pošetilé nechat se strhnout do nikam nevedoucích debat o lidské nenasytosti. Naším dlouhodobým cílem musí být „udržitelná úspěšnost“. Velkou nadějí jsou tedy obnovitelné a nevyčerpatelné zdroje energie a inteligentní infrastruktura.

## Zdroje energie

Různé zdroje energie vyžadují specifické formy infrastruktury. Začneme tedy výčtem zdrojů energie, alespoň těch, které se nejčastěji objevují a diskutují v denním tisku a v populárních publikacích. Nejčastěji diskutovanými zdroji energie jsou zpravidla:

- nafta;
- jaderná energie;
- uhlí;
- zemní plyn;
- obnovitelné/nevyčerpatelné zdroje zahrnující:
  - sluneční energii;
  - energii větru (ve skutečnosti derivát sluneční energie);
  - geotermální energii.

## Ropa

Základními pohonnými látkami současné civilizace jsou fosilní paliva, přičemž nejdůležitější z nich je ropa a její deriváty. Denní světová spotřeba je přes 80 milionů barelů (1 US oil barrel = cca 160 litrů). Světová poptávka a spotřeba díky novým úspěšným ekonomikám rozvojových zemí stále stoupá (o 2 % ročně). Přes veškerá nově objevená ložiska se produkce zvyšuje pouze o zhruba 0,5 %. Proto cena ropy neustále stoupá. Ropa navíc není obnovitelným zdrojem. Konvenční, snadno dosažitelné zdroje jsou pomalu vyčerpávány. Ekonomická stránka těžby ropy z nekonvenčních zdrojů není příznivá. Tak například na extrakci jednoho barelu nafty z asfaltových písků je spotřebováno 25–30 % barelu nafty konvenční.

Stále se zvyšující náklady na těžbu ropy vedou k pesimistickým závěrům, že brzké vyčerpání veškerých přístupných zdrojů je pro naši civilizaci katastrofální. Optimisté věří, že, tak jako v minulosti, mnohem dříve než se jeden zdroj energie vyčerpá, je nahrazen zdrojem nově objeveným. Podle optimistů je téměř jisté, že obnovitelné a nevyčerpatelné zdroje energie se stanou primární hybnou silou naší civilizace ještě před koncem tohoto století.

Největším problémem v Severní Americe nicméně je v současné situaci nedostatek ropovodů a protesty proti konstrukci nových tras. Dalším omezením je nutnost dobrovolně snížit množství spotřeby fosilních paliv, aby se zabránilo nekontrolovatelnému navršení CO<sub>2</sub> v atmosféře, a tedy nebezpečnému globálnímu oteplování. To bohužel vyžaduje buď snížení životní úrovně, nebo napojení na jiné zdroje energie. Jednou z možností je energie jaderná.

## Jaderná energie

Jaderné elektrárny neznečišťují ovzduší spaliny a skleníkovými plyny (greenhouse gases) a jsou nejspolehlivějším dodavatelem tzv. „základní spotřeby“ elektrické energie. Navíc zajišťují ekonomické zabezpečení regionu nebo státu a jsou environmentálně bezúhonné. Oponenti jaderných elektráren zpravidla zdůrazňují nutnost velice dlouhodobého plánování (realizace zpravidla vyžaduje více než dvacet pět let), riziko funkčních poruch a důsledky přírodních katastrof, například tsunami nebo zemětřesení. Dalším problémem jsou závazné dlouhodobé a vysoké finanční náklady a dosud nevyřešený způsob skladování kontaminovaného odpadu. V poslední době se též setkáváme s námitkou, že jaderné elektrárny jsou vysoce centralizovaným zdrojem energie, což v podstatě představuje zastaralý koncept. Podle některých autorů současná technologie směřuje stále více k decentralizaci.

Jaderný energetický průmysl se však vyvíjí a na rýsovacích stolech najdeme celou řadu zcela nových konceptů. Příkladem mohou být tzv. „Fast Neutron“ reaktory, ve kterých jsou palivem odpadní látky z konvenčních jaderných elektráren. Následné odpadní látky

z těchto nových neutronových reaktorů jsou pak radioaktivní jen nepatrně.

Bezpečnost nové generace reaktorů bude podstatně zvýšena novým chladicím systémem, který používá místo vody sodík, a ve kterém jsou eliminovány pumpy, rozvodný systém a záložní generátory. To nejen zvyšuje bezpečnost, ale také snižuje finanční náklady.

Doposud byly jaderné elektrárny plánovány a budovány jako stále větší a komplikovanější projekty. Předpokládané funkční a ekonomické výhody se však nedostavily. Chronická překročení rozpočtů, časových termínů a poruchovost jen prohloubily všeobecnou nechuť ke všemu jadernému.

Jednou z odpovědí na tyto kritiky jsou malé jaderné elektrárny a modulární reaktory. Ekonomika výroby ve velkém měřítku byla nahrazena ekonomikou standardních součástí, jednodušší technologií a kontrolovanou tovární montáží. Jednotlivé moduly jsou v podstatě „miniaturními“ prefabrikovanými jadernými reaktory.

Dalším přínosem je thorium jako alternativní palivo. V šedesátých letech se jaderný průmysl zaměřil na uran, protože umožňoval paralelní použití pro výrobu atomových zbraní. Thorium se v přírodě vyskytuje oproti uranu až ve čtyřnásobném množství. Navíc je desetkrát větším zdrojem energie než uran, produkuje čtyř tisíckrát méně důlního opadu a deset tisíckrát méně odpadu jaderného. Většina (85 %) jaderného odpadu z elektráren na thorium se stabilizuje během deseti let.

Fúze, která imituje sluneční nukleární procesy, je dalším velice slibným zdrojem „environmentálně čisté“, nevyčerpatelné energie. Usilovně se na tom pracuje už od padesátých let, přičemž praktické využití je neustále slibováno a neustále odkládáno. Neoptimističtější prognóza zde zní 15 let.

Velice pádným argumentem ve prospěch jaderných elektráren je dopad na lidské zdraví. Jaderný průmysl si vyžádal za sedmdesát let své existence 5 000 obětí, těžba a spalování uhlí je v Číně každoročně příčinou 1,5 milionu úmrtí.

## Uhlí

Uhlí je relativně levné, jeho zdroje jsou bohaté a technologie výroby energie je vyzkoušená, ověřená a spolehlivá. Většina amerických domácností je stále ještě vytápěna nebo chlazena elektrickou energií z uhelných elektráren. Z uhlí je sice možné vyrobit tekuté pohonné látky, které mohou nahradit konvenční benzin nebo naftu, ale tento proces má jenom padesátiprocentní efektivnost.

Spalování uhlí je nejspínavější formou výroby energie – ohrožuje přímo nejen lidské zdraví, ale i zdraví celé planety. Bohužel, spotřeba uhlí ve světě vzrůstá. Dokonce i v Německu nedávno vzrostla vlivem zastavení výroby energie v osmi jaderných elektrárnách.

V Kanadě je uhlím produkováno 14 % energie, v USA uhlí produkuje téměř 40 % energie, ve Spojeném království 44 % a v Polsku 80 %. Čína spaluje ročně 4 miliardy tun uhlí, což je přibližně stejné množství jako v celém ostatním světě. V Indii počet uhelných elektráren neustále vzrůstá. Z environmentálních důvodů a z hlediska lidského zdraví se uhelné elektrárny ve většině technicky vyspělých zemí postupně zavírají nebo přestavují na zemní (břidlicový) plyn.

Největším a velice těžko řešitelným problémem spalování uhlí je znečištění ovzduší a vody. Globální emise CO<sub>2</sub> vykazovaly v roce 2012 34 miliard tun. Čínské emise představují v současné době 10 miliard tun, indické 2 miliardy. Kanadské emise letos nepatrně poklesly na 560 milionů tun.

## Zemní plyn

Zemní plyn je v současné době ekonomicky výhodný zdroj energie. Předpokládá se, že postupně nahradí spalování uhlí pro výrobu elektrického proudu, oceli a industriálních kovů. Spalování zemního plynu v elektrárnách je v porovnání s uhlím o 50 % čistší. V některých zemích (například v Kanadě) může zemní plyn nahradit jádro z elektráren, jež byly vyřazené z provozu. Nové techniky čerpání zemního plynu, horizontální vrtání a hydraulické štěpo-

vání, zaručují dostatečně dlouhodobé zásobování energetického a metalurgického průmyslu (v Severní Americe alespoň 20 let). Stlačený zkapalněný zemní plyn může být pohonnou látkou dopravních prostředků, zvláště nákladních aut a autobusů. Z tohoto důvodu je považován za vážnou konkurenci pohonu elektrických vozidel a elektrických dopravních prostředků.

Zkapalněný zemní plyn (Liquified Natural Gas, LNG), zchlazený na minus 162° C, je možné ekonomicky převážet a dopravovat zámořskými loděmi. Objem plynu je zredukován šestsetkrát. Na strategických bodech této dopravní infrastruktury, jsou umístěny velké zásobníky a LNG terminály. Tam je nutné zkapalněný plyn znovu zplynovat a dále distribuovat plynovody, železnicemi a cisternovými auty do míst spotřeby, tedy přímo do průmyslu, nebo do lokálních distribučních center v městech, v městských čtvrtích nebo i v jednotlivých budovách.

## Obnovitelné zdroje energie

V Severní Americe (obzvláště v Kanadě) využívá mnoho obcí a usedlostí, které nejsou napojeny na základní rozvodnou síť, obnovitelné zdroje energie jako doplněk k jejich lokální elektrické rozvodové síti (micro grid), která je zpravidla zásobována dieselelektrickými generátory.

V současné době nemohou být obnovitelné zdroje primárním zdrojem energie pro naši náročnou civilizaci. Kompromisním řešením jsou prozatím jen hybridní systémy, ve kterých je špičkové zatížení konvenčního energetického systému ulehčeno příspěvkem energie z obnovitelných zdrojů. Ačkoliv se výkon a spolehlivost obnovitelných zdrojů energie neustále zdokonalují, spolehlivost a cena výroby energie zůstanou po nějaký čas největší slabostí obnovitelných zdrojů.

Horečně se pracuje na zvýšení zásobní kapacity elektrické energie v akumulátorech, bateriích a kondenzátorech. Tím by v budoucnu odpadla nutnost záložního zdroje elektrické energie, a tím i závislost na konvenčních, neobnovitelných zdrojích energie.

Chronická nespolehlivost obnovitelných zdrojů, která je doufejme dočasná a technicky řešitelná, vedla k rozštěpení environmentálního hnutí. V environmentálních kruzích se otevřeně diskutuje nezbytnost jaderných elektráren pro zajištění zaručené dodávky elektrické energie pro nepřerušovaný chod naší, na technologii závislé, společnosti. Je pozoruhodné, že projaderné a protijaderné argumenty environmentalistů vycházejí ze společného cíle ochránit zdraví lidské a zdraví planety. Nesoulad je jen v rozdílné strategii.

V současné době nezbývá než racionálně párovat obnovitelné zdroje s neobnovitelnými. Dva zdroje energie mohou usnadnit přechod ze zdrojů neobnovitelných na zdroje obnovitelné. Zde jde jednak o výše diskutovanou jadernou energii, druhým kandidátem je energie geotermální.

Geotermální energie je zpravidla klasifikována jako „obnovitelná“, nebo nevyčerpatelná energie. Její absolutní spolehlivost je oproti ostatním obnovitelným zdrojům největší výhodou. Očividnou manifestací této environmentálně bezúhonné energie jsou horké prameny. Bohužel, ložiska geotermální energie nalezneme na zemském povrchu jen výjimečně. Zpravidla musíme jít do hloubky tří a více kilometrů. Z tohoto hlediska jsou značnou nevýhodou využívání geotermální energie vysoké počáteční investice.

## Infrastruktury

### Infrastruktura železnic a doprava ropy

Infrastruktury jsou v podstatné většině rozvodné a dopravní sítě, které propojují těžbu přírodních surovin nebo výrobu energie s uživatelem. Jednotlivé zdroje energie vyžadují specifickou, často podstatně odlišnou infrastrukturu a též jiné plánování a jiné financování. Tak na příklad, přístavy na východním pobřeží Kanady byly vybudovány pro cisternové lodě přivážející ropu z arabských zemí. Ropovody dopravovaly zpracovanou ropu do centrálních a západních provincií Kanady. Tento systém fungoval celkem uspokojivě

až do doby, kdy nové metody extrakce oleje a zemního plynu z kamenných vrstev a z „asfaltových písků“ v západních provinciích Kanady umožnily nezávislost na dodávkách ze vzdálených a politicky nestabilních zemí.

Tato nová situace si vyžádala obrácený směr toku v existujících ropovodech. Transkanadský ropovod teď dopravuje albertskou ropu ze západu na východ. Rafinerie na východním pobřeží bylo třeba překonstruovat na podstatně jiný druh ropy.

V podstatě existují toliko tři možné formy kontinentální dopravy surové ropy: ropovody, železnice a cisternová nákladní auta.

Ropovody jsou vysoce výkonné a minimálně riskantní, ale jejich velkou nevýhodou je složité plánování tras, dlouhodobá konstrukce a vysoké náklady. Častou překážkou plánování ropovodů v Severní Americe je navíc lokální opozice v dotčených regionech. Proto se stala železniční doprava ropy vítanou alternativou. Vzhledem k řadě nedávných havárií, explozí, požárů a ztrát lidských životů, je však nezbytně nutné v co nejkratší době radikálně zdokonalit železniční infrastrukturu a ustanovit závazné bezpečnostní předpisy a postupy pro případ havárie.

Předpokládá se, že nové vlakové soupravy budou mít sto, sto dvacet a možná i více cisternových vagonů. Tyto dlouhé řady vagonů není možné plnit jeden po druhém. Proto je třeba vybudovat zbrusu nová zařízení na současné plnění celých vagonových souprav. Díky problémům souvisejícím s konstrukcí nových konvenčních ropovodů je velice pravděpodobné, že cisternové vlaky se stanou „ropovody na kolejkách“.

Třetí, nejméně spolehlivou, nejméně bezpečnou a ekonomicky nejméně výhodnou formou dálkové dopravy ropy jsou cisternová nákladní auta.

### **Vodní infrastruktura**

Naše současná civilizace je více než kdykoli v historii závislá na těžbě minerálů, rud, vzácných kovů a mnoha dalších surovin z přírodních zdrojů.

To vyžaduje dlouhodobé plánování, financování a konstrukci celé řady infrastruktur a přidružených subsystémů. V této skupině přírodních surovin má voda mimořádný význam. Voda, její zdroje, distribuce a management jsou předpokladem úspěšné výstavby měst a regionů. Víme, že kvalita a délka života závisí na potírání infekčních nemocí. Osobní a veřejná hygiena je přímo závislá na kvalitě a spolehlivé distribuci vody.

V této souvislosti je třeba si připomenout, že lidstvo netrpí – jak často slycháme – nedostatkem vody. Méně než 1 % vody na naší planetě, v podzemí a v mracích, představuje vodu čistou, sladkou. Další 2 % jsou „uvězněná“ v ledu polárních oblastí. Což znamená, že více než 97 % vody je v našich oceánech. Z kosmického hlediska, žijeme na vodní planetě (water planet) a kontinenty jsou pouze ostrovy.

Podari-li se nám ekonomicky odsolovat mořskou vodu, pak veškeré naše potřeby mohou být uspokojeny bez jakýchkoliv negativních důsledků na planetární vodní cyklus. Současné odsolovací technologie spotřebují příliš mnoho energie. Energeticky intenzivní systémy jsou zpravidla finančně neúnosné pro rozvojové země a navíc pumpují do ovzduší velké množství uhlíku. Vývoj odsolovacích systémů a technik však neustále pokračuje. Experimentální odsolovací zařízení v Izraeli a Singapuru nám dávají naději na komerční úspěch těchto nových technologií.

Globální klimatické změny způsobené oteplováním planety si vynucují nový přístup k plánování a konstrukci vodní infrastruktury a managementu městského vodního systému. Proto jsou nejen zdroje a přívod vody, ale i kanalizace, odvod dešťové vody a splašků důležitými součástmi vodní infrastruktury.

Infrastruktury navržené pro extrémní klimatické situace jsou finančně neúnosné a jejich kapacita je velice zřídka využita. Navíc, ani „Rolls-Royce“ kanalizační systém nemůže zaručit, že nedojde k záplavám. Ekonomicky příznivější jsou sekundární odlehčovací systémy, které regulují průtok a odtok neočekávaně zvýšeného objemu vody.

Mohou to být speciálně navržené profily silnic a ulic nebo vodu absorbující dlažby a zadržovací, inundační zóny na městských zelených prostranstvích.

### **Města a regiony**

Kontinentální, národní a městská ekonomika a udržitelný rozvoj závisí na výstavbě a údržbě infrastruktury. Plánování a výstavba infrastruktury jsou obtížné a nákladné, ještě obtížnější a nákladnější je ale její údržba.

Řešení problémů stárnoucí infrastruktury je mnohem snadnější, pokud nevyhnutelný proces rozpadu, opotřebení, a únavy materiálů je součástí plánování od samého počátku. Ocel, beton a stavební hmoty podléhají zkáze. Opravy a pravidelná údržba tedy nemohou být nekonečně odkládány. Je třeba pozorně sledovat stav a včas financovat opravy a údržbu infrastruktury.

Tento přístup je však velice vzácný. Oddalování oprav a údržby infrastruktury zpravidla vede k úpadku ekonomiky a má negativní vliv na kvalitu životního prostředí. Tohoto jevu jsme bohužel dnes svědky na celém světě, obzvláště v Severní Americe.

Naše nejlepší úmysly často vytvoří opak žádaného cíle. Zářným příkladem je dopravní zácpa. V USA a Kanadě dopravní plánovači standardně reagují na dopravní zácpy zvyšováním kapacity, tedy rozšiřováním existujících koridorů a konstrukcí koridorů nových.

To má bez výjimky dva tragické následky. Vzhledem k tomu, že výstavba a doprava jsou součástí dvou na sobě nezávislých administrativ, bezmezná, nebo lépe řečeno bezhlavá rozšiřování měst (urban sprawl) opět způsobí ve velice krátké době nesnesitelné dopravní zácpy. Druhým problémem je údržba. Vyšší úroveň vlády, v kanadském případě je to vláda provincie nebo i vláda federální, financuje z větší části výdaje na infrastrukturu měst a obcí. Pro politiky jde o velice užitečnou strategii pro získání volebních hlasů. To vede k rozsáhlé a často ambiciózní výstavbě dálnic, silnic, mostů, podjezdů, přejezdů a mimoúrovňových křižovatek.

Městské rozpočty bohužel nestačí nejen na výstavbu, ale ani na údržbu. To je obzvláště patrné v regionech klimatických extrémů. V Kanadě jsou environmentální tlaky nemilosrdné a rozpětí ročních teplotních extrémů mohou dosáhnout až 80° C. Následkem je urychlené stárnutí a rozpad povrchových materiálů. Kanadské silnice a dálnice jsou zpravidla pět let po dokončení plně děr a záplat.

Projekce a výstavba infrastruktur nejsou ulehčeny skutečností, že v demokratických, ekonomicky vyspělých zemích má každý v rámci svých finančních možností možnost zvolit si bydliště, kde se mu zlíbí. Komu nestačí privátní zeleň v suburbii, usazuje se v exurbii. Tam je možné si postavit ještě opulentnější paláce na ještě rozsáhlejších pozemcích. Dojíždění do zaměstnání nebo za obchodem po existujících venkovských cestách a silnicích je samozřejmě nepohodlně dlouhé. Radnice jsou proto zaplaveny peticemi od nespokojených občanů vyžadujících výstavbu moderní dopravní infrastruktury.

Kolo neudržitelnosti se zdá být nezastavitelné.

Mnoho těchto pokřivených výsledků často dobře míněných záměrů je způsobeno „behaviorálním omylem“, který ekonomové nazývají „presentism“. Stručně řečeno, jde o bláhovou představu, že budoucnost bude vypadat jako přítomnost, nebo pouze jako její násobek. Psychologové tvrdí, že jde o věc docela normální.

Z populárních iluzí ideálního životního stylu vyplývají komerční příležitosti spekulativních stavebních podnikatelů. To prakticky vylučuje zaměření na dlouhodobé cíle. Demokratické politické procesy umožňují prosadit uspokojení momentálních potřeb a zájmů bez ohledu na to, „co bude zítra“. Sociologie by v ideálním případě měla přijít na pomoc s návodem, jak překonat tuto kolektivní „impotenci“ a nezodpovědnost. Sociologie se ale bohužel stala (alespoň pro městské plánovače) minimálně užitečnou disciplínou. Nezbyvá tedy, než jen spoléhat na brutální ekonomické síly, které nás donutí zaměřit se správným směrem.

Příkladem může do jisté míry být New York. V porovnání s ostatními městy v USA spotřebují obyvatelé New Yorku nejméně energie per capita. Bydlí v multipodlažních budovách, chodí většinou pěšky, jezdí na kole, používají veřejnou dopravu, taxíky a komunální půjčovny aut a bicyklů. Podle některých autorů hustota zastavení je nejefektivnějším a nejjednodušším řešením problému udržitelnosti a úspory energie. Solární panely, větrníky, tepelná izolace a úsporné žárovky jsou jen zbytečnou komplikací už tak dostatečně komplikovaného problému.

Podobně jako New York má dnes většina měst podzemní a povrchové dráhy, tramvaje, trolejbusy a autobusy pro veřejnou hromadnou dopravu. Soukromé osobní dopravě slouží automobily, motocykly, bicykly a historicky osvědčená bipedie neboli doprava pěší. Součástí městské dopravy jsou navíc taxíky, půjčovny automobilů a bicyklů (car and bicycle renting) a nové formy sdílení automobilů a bicyklů (car and bicycle sharing).

Popularita jednotlivých dopravních prostředků zpravidla diktuje velikost a složitost infrastruktury. Všeobecně se však očekává, že dopravní infrastruktura bude diktována nezbytností. Až donedávna plánovači umístili osobní automobil na vrchol důležitosti a forma měst byla podřízena formě infrastruktury automobilové dopravy. Dnes se plánování měst pokouší vycházet z infrastruktury veřejné hromadné dopravy, dopravy cyklistické a dopravy pěší. Úspěchy tohoto přístupu jsou však – až na malé výjimky – jen rázu kosmetického. Destruktivní „neudržitelná“ kultura soukromého auta je stále ještě opíatěm podstatně většiny populace.

Zdroje energie používané v dopravě (a obzvláště v osobních automobilech) podstatně ovlivňují dopravní infrastrukturu. Stlačený a zkapalněný zemní plyn (LNG), vodík, hybridní, elektro-benzinové, elektro-dieselové nebo čistě elektrické hnací systémy vyžadují specifické infrastruktury. Tyto nové typy pohonných systémů nás však nezboví dopravních zácp, jen částečně sníží zdravotní rizika městského ovzduší.

Podstatnější zmírnění problému přesycenosti městské a mimoměstské dopravy pravděpodobně způsobí autonomní automobil. Pomocí satelitní navigace (GPS) bude schopen se vyhýbat přeplaceným koridorům a optimalizovat vzdálenost, čas a spotřebu energie. V oblasti dopravní infrastruktury však stále kritickým rizikovým faktorem zůstává naše exkluzivní závislost na fosilních pohonných látkách. Náš ekonomický systém nemá prakticky žádnou odolnost proti podstatným výkyvům, nebo dokonce selhání plynulého zásobování energiemi.

Městské energetické infrastruktury budou podstatně ovlivněny novou generací zásobníků, obzvláště zásobníků energie elektrické: bateriemi, akumulátory a kondenzátory. V kombinaci s novými formami „zelených technologií“ (sluneční a větrné) se jednotlivé budovy mohou stát částečně nebo i zcela autonomní, a tedy nezávislé na energetické rozvodné síti.

Pokročilé technologie stále více tlačí směr vývoje k decentralizaci. Očekává se například, že v blízké budoucnosti pokročilá technologie dezinfikování a nové systémy recirkulace vody umožní rozsáhlé městské systémy podstatně zredukovat. Městské okrsky, čtvrtě nebo skupiny budov budou mít své vlastní vodní infrastruktury. Další pokrok v miniaturizaci umožní autonomní organizaci cirkulace vody i v jednotlivých budovách.

Decentralizace (rozštěpení) městských infrastruktur na menší autonomní jednotky by podstatně zvýšila odolnost proti extrémním klimatickým změnám a nepředvídaným katastrofickým událostem. Pokračování v decentralizaci není samozřejmě zaručeno, v tomto scénáři by postupná decentralizace eliminovala převážnou většinu městských a regionálních infrastruktur.

## **Přechodné období**

Postupné přeorientování k obnovitelným zdrojům je vzhledem k nežádoucím následkům výroby energie z konvenčních neobnovitelných zdrojů nezbytné. Toto úsilí se stalo aktuální

agendou vlád po celém světě. Přeorientování na intermitentní zdroje energie samozřejmě podstatně mění energetickou infrastrukturu. Kromě technického zdokonalení energetických zásobníků je též nutno vybudovat výrazně modifikovanou energetickou síť. Přenos a distribuce energie z obnovitelných zdrojů jsou možné pouze inteligentními sítěmi. To mimo jiné umožní pružný vztah mezi poptávkou a nabídkou, výrobou a spotřebou. Inteligentní rozvodné sítě navíc motivují spotřebitele k šetření elektrickou energií a ovlivňují jeho životní styl. Průběžné měření odběru energie umožňuje automaticky regulovat cenu energie během dne a noci (time-of-use-pricing).

Přeorientování na obnovitelné zdroje nebude pravděpodobně přímočaré. Nemůžeme přehlédnout, že existuje hlasitá menšina expertů, kteří vidí obnovitelné zdroje pouze jako komplementární. Podle nich je zcela bezuhlíková budoucnost naivní a neopodstatněná a v dohledné době technicky neuskutečnitelná.

Je třeba připustit, že politicky/ideologicky motivovaný a neuváženě rychlý přesun na obnovitelné zdroje způsobuje neúnosně vysoké ceny a finanční zátěž pro spotřebitele. Podstatná většina expertů se však shoduje na tom, že z dlouhodobého hlediska zdraví naší planety je přechod na obnovitelné/nevyčerpatelné zdroje prostě nevyhnutelný. Urychlit to může pouze podstatně zvýšená spolehlivost a snížená cena „zelených technologií“. Dalšími urychlujícími faktory budou výkonná recyklace odpadních látek a konzervace energie.

Média nás neúnavně přesvědčují, že našim současným a nejdůležitějším úkolem je „uspokojení našich potřeb, aniž bychom zkompromitovali uspokojení potřeb budoucích generací“ (Brundtland Commission, 1983–1987). Tato elegantní a politicky efektní formulace bohužel nic neříká o aplikování inženýrské praxe. Pro inženýrské disciplíny, architekty a plánovače je velice těžké vážit naše současné potřeby oproti potřebám rozvojových zemí, nebo dokonce oproti potřebám společnosti v budoucnosti.

Inženýrské profese nejsou zpravidla angažovány v procesu formulování společenských cílů. Jejich role spočívá převážně v řešení technických problémů, v implementaci a realizaci plánů. Na realizaci „udržitelnosti“ je téměř nemožné vypracovat konkrétní plán. „Udržitelnost“ se nevyučuje na vysokých školách technického zaměření, přestože z technického hlediska je definice problému prvním krokem k jeho řešení. Všeobecně se předpokládá, že nemilosrdné ekonomické zákony si vyžádají novou, prakticky použitelnou definici udržitelnosti. Bude pravděpodobně formulována experty z oblasti ekonomie a bude obsahovat konkrétní parametry a požadavky pro výstavbu hmotného prostředí. To si však vyžádá ještě nějaký čas.

Vzhledem k tomu, že infrastruktura současné civilizace je zodpovědná za degradaci přírodního prostředí, je pokračování v tomto směru vývoje neudržitelné. Morální tlaky nutí plánovače a inženýry hledat řešení a neztrácet čas čekáním na užitečnou definici udržitelnosti. Bohužel, v době neočekávaných změn a za naprosté absence konkrétních parametrů a instrukcí pro výstavbu, jde o úlohu téměř nemožnou.

Na pomoc přichází nový inženýrský obor zvaný „transition engineering“ (řízení přechodného období). Tento nový obor vychází ze zkušenosti tradiční disciplíny – bezpečnosti práce. Žádný systém nebo mechanismus nemůže být stoprocentně bezpečný. Bezpečnost práce usiluje o bezpečnost maximálně možnou, nikoli o bezpečnost absolutní. Jinými slovy, bezpečnost práce se snaží snížit rizika úrazů a negativních vlivů na lidské zdraví v rámci existujících finančních a technických omezení.

Na rozdíl od „udržitelnosti“, která není měřitelná, „neudržitelnost“ je možno vyjádřit v konkrétních číslech. To je podstatou zmíněné disciplíny. Dává nám možnost zaměřit se přímo na snížení rizik použitím konvenčních inženýrských metod, konkrétních akcí a strategických intervencí, které jsou měřitelné. Řízení přechodného období se soustředí na „neudržitelné“ subsystémy infrastruktur, vyhledává a posuzuje jejich zranitelná místa, identifikuje rizika a navrhuje preventivní opatření. Celá řada již rea-

lizovaných inovací v oblasti znečištění vody a ovzduší může být příkladem. Je to však jen začátek dlouhodobého úsilí „čistých technologií“ zmírnit důsledky industriálních „neudržitelných“ aktivit.

Další nápomocí k urychlení našeho přechodu k dlouhodobé udržitelnosti je tzv. „transition management“ (TM). V podstatě je to forma objektivního informování veřejnosti o nezastavitelných trendech, o problémech, které je třeba vyřešit, a připravování veřejnosti na změny, které jsou nevyhnutelné. Jinými slovy, TM nám pomáhá pochopit, kde jsme dnes, kde bychom měli být v budoucnosti, a jak se k tomu bez velkého utrpení dopracovat.

## Závěry

Globální klimatické změny vyžadují zvýšenou výkonnost a spolehlivost infrastruktury. Je jisté, že čas od času nám přírodní síly zabrání zaručit plynulé, nepřerušené fungování infrastruktury. Extrémní poruchy a disturbance, jejichž velikost je téměř nemožné odhadnout, občas převýší kapacitu našich infrastruktur, a to bez ohledu na inženýrské specifikace a finanční náklady. Z toho vyplývá obtížnost plánování, navrhování a financování projektů infrastruktur a souvisejících, přidružených subsystémů. Předimenzování stejně jako poddimenzování má své negativní následky. Optimalizace je velice obtížná a mnohdy prakticky vyloučená.

Nemůžeme proto očekávat, že infrastruktury budou vždy a za všech okolností spolehlivě fungovat. Plánovači musejí usilovat, aby infrastruktura měst a regionů byla nejen navrhována s ohledem na klimatické a demografické změny, ale aby fungovala harmonicky s přírodními systémy, ve kterých je třeba hledat inspiraci a vytvářet ekologie umělé v souladu s ekologiemi přírodními.

Současné trendy technologií jasně ukazují na rapidní přibližování techniky a biologie. Podle některých autorů, splnutí a „vzájemné opylování“ (cross-pollination) těchto disciplín je nevyhnutelné. Důsledkem bude vznik celé řady hybridních oborů, přičemž tento trend je stále patrnější.

Navzdory veškerým současným zápasům se zdánlivě neřešitelnými problémy nejsou výhledy do budoucnosti beznadějně. Kdekoliv se podíváme, neustále vylepšování a inovace snižují objem, množství energie, vody, území, surovin a pracovních sil, které jsou třeba na splnění úkolu. To má bezprostřední vliv nejen na fyzické a finanční plánování infrastruktur, ale i na volbu našeho životního stylu.

Nové technologie a vynálezy mohou mít v dnešním rychle se měnícím světě radikální dopad na městské a regionální infrastruktury. Celá řada faktorů změn je často ignorována nebo proniká pod radarem plánovačů.

Není tomu například tak dávno, kdy úvahy o možnostech trojrozměrného tisknutí (3D printing) bylo možno číst jen v sci-fi literatuře. Dnes jsou 3D-tiskárny (3D printers) běžně k dostání a už neslouží jen k „tisknutí“ hraček a modelů průmyslových výrobků. Zcela vážně se plánuje „tisknutí“ velkých komplikovaných, „vicemateriálových“ průmyslových výrobků, dokonce i automobilů nebo rodinných domků. Úspěšné realizování této formy výroby nepochybně drasticky nejen změní celou průmyslovou infrastrukturu, ale

s největší pravděpodobností ovlivní i celou naši technologickou civilizaci.

Dnes výroba kovových průmyslových výrobků začíná ingoty, odlitky a polotovary ve slévárnách a válcovnách. V další fázi odebráním přebytečného materiálu vytváříme konečnou formu výrobku. Jde tedy o výrobní postup, který v principu není odlišný od práce truhláře, řezbáře nebo kameníka. Tento proces výroby je zpravidla označován jako „subtraktivní“.

3D výrobní proces je založen na kontrolovaném shromažďování kovových částic nebo molekul tuhých látek. Proto je tento způsob výroby nazýván „aditivní“ – je prakticky bezodpadový, energeticky vysoce úsporný a přírodním prostředí přátelský.

Dalším vývojovým stupněm aditivní výroby je výroba z jednotlivých atomů (atomic-precise manufacturing). Touto metodou můžeme vyrobit absolutně cokoli, tedy veškeré předměty, které potřebujeme nebo s oblibou užíváme, včetně jídel a nápojů. Arthur C. Clark prorokoval tuto formu výroby pomocí tzv. „replikátorů“ již v padesátých letech. V současné době probíhají experimenty v mnoha světových laboratořích.

V závěru těchto úvah můžeme ještě dodat, že města je třeba brát nejen jako továrny na bohatství, ale také jako prostředí, které je nutné neustále vylepšovat a přetvářet pro uchování zdraví a životní pohodu obyvatel. Tyto dva cíle mají podstatný vliv na městskou infrastrukturu a její přidružené subsystémy. Plánování měst musí vždy vycházet z potřeb a aspirací občanů, nikoli z diktátu oslnivých technologií nebo systémů (human-centered approach versus system-centered approach).

To je bohužel pro plánovače měst a městských infrastruktur téměř stejně praktická rada jako rada paní Brundtlandové. Proto je třeba očekávat, že debaty na téma jak plánovat města a jejich infrastruktury budou ještě po dlouhý čas pokračovat. Sledování těchto zpravidla emocemi nabitých debat je velice obtížné, dokonce i pro informované a zainteresované publikum. Jednoho dne nám nezbude, než se shodnout na strategii dlouhodobého přežití (long term survival). Doufejme, že se tak stane včas, a že tento proces nebude bolestivý.

*Ing. arch. Vladimír Matuš  
Bonita Springs, Florida  
USA*

## ENGLISH ABSTRACT

### **A reflection on infrastructure, by Vladimír Matuš**

In encyclopedias, infrastructure is usually defined as “structure which makes the basis for any system or organization”. This rather universal definition suggests that infrastructure means something completely different for a banker, a military commander, a merchant, an engineer, a dentist or a gardener. For the needs of urban planners, infrastructure probably contains all the facilities serving a given town or region, including transportation of passengers, material and information.