

Institute of Economic Studies, Faculty of Social Sciences
Charles University in Prague

Mikroekonomické modely trhu s externalitami, zobecněný Coaseho teorém

Jiří Hlaváček
Michal Hlaváček

IES Working Paper: 29/2008



**Institute of Economic Studies,
Faculty of Social Sciences,
Charles University in Prague**

[UK FSV – IES]

**Opletalova 26
CZ-110 00, Prague
E-mail : ies@fsv.cuni.cz
<http://ies.fsv.cuni.cz>**

**Institut ekonomických studií
Fakulta sociálních věd
Univerzita Karlova v Praze**

**Opletalova 26
110 00 Praha 1**

**E-mail : ies@fsv.cuni.cz
<http://ies.fsv.cuni.cz>**

Disclaimer: The IES Working Papers is an online paper series for works by the faculty and students of the Institute of Economic Studies, Faculty of Social Sciences, Charles University in Prague, Czech Republic. The papers are peer reviewed, but they are *not* edited or formatted by the editors. The views expressed in documents served by this site do not reflect the views of the IES or any other Charles University Department. They are the sole property of the respective authors. Additional info at: ies@fsv.cuni.cz

Copyright Notice: Although all documents published by the IES are provided without charge, they are licensed for personal, academic or educational use. All rights are reserved by the authors.

Citations: All references to documents served by this site must be appropriately cited.

Bibliographic information:

Hlaváček, J., Hlaváček, M. (2008). “ Mikroekonomické modely trhu s externalitami, zobecněný Coaseho teorém ” IES Working Paper 29/2008. IES FSV. Charles University.

This paper can be downloaded at: <http://ies.fsv.cuni.cz>

Mikroekonomické modely trhu s externalitami, zobecněný Coaseho teorém

Jiří Hlaváček*
Michal Hlaváček#

*IES, Charles University Prague,
E-mail: jihlava@fsv.cuni.cz

Czech National Bank and
IES, Charles University Prague,
E-mail: michal.hlavacek@cnb.cz

November 2008

Abstract:

Jsou zde popsány tři originální mikroekonomické modely trhu s externalitami: (1) model trhu s povolenkami pro emise škodlivin, (2) model finanční satisfakce za újmu způsobenou negativní externalitou v ekonomice subjektů maximalizujících pravděpodobnost svého přežití (zobecněný Coaseho teorém) a (3) model optimální podpory poskytovatelům pozitivní externality.

Keywords: negativní externality, trh s emisními povolenkami, zobecněný Coaseho teorém, maximalizace pravděpodobnosti ekonomického přežití, pozitivní externality

JEL: D62, D01.

V předkládaném článku využíváme vlastní metodologii zobecněné mikroekonomické teorie k modelovému uchopení oblasti, ve které se sice v posledních dvaceti letech stále více uplatňují tržní síly, ale kde přesto standardní maximalizace důchodu neumožňuje (podle našeho názoru) adekvátní modelovou deskripci.

1. Zobecněné mikroekonomické kritérium

Zobecněná mikroekonomie¹ nám umožnila modelové uchopení řady oblastí, kde ziskové kritérium buď nevystihuje plně motivaci subjektů nebo kde dokonce nemá smysl. Jedná se např. o přerozdělování (včetně donátorských aktivit státu i nestátních subjektů)², neziskový sektor, zejména vysoké školství³, centrálně plánovanou ekonomiku⁴ či o altruismus⁵. Vedle toho umožnila zobecněná mikroekonomie netradiční a v některých ohledech hlubší vhled do dalších oblastí mikroekonomie: modelování rizika⁶, trhu s pojištěním⁷ a vztahu „principál-agent“ (morální hazard

¹ Viz např. Hlaváček J.: Zobecněné mikroekonomické kritérium v tržní ekonomice, Politická ekonomie 48, č.4, s. 515-529, 2000

² Hlaváček J. - Hlaváček M.: Ekonomická iracionalita donátora plynoucí z nedůvěry k příjemci dotace, Finance a úvěr, 54, č. 2, 2004

³ Cahlík T. - Hlaváček J. - Marková J.: Školné či dotace? (Simulace s modely systému vysokých škol), Politická ekonomie 52, č. 1, s. 54-66, 2008

⁴ Hlaváček J.: Producers Criteria in a Centrally Planned Economy, in : Optimal Decisions in Markets and Planned Economies, edited by Quandt R.E., Tříška. D., Westview Press , Inc., 1990

⁵ Hlaváček J. - Hlaváček M.: Ekonomická iracionalita donátora plynoucí z nedůvěry k příjemci dotace, Finance a úvěr, 54, č. 2, 2004 nebo Hlaváček J. - Hlaváček M.: Cruel Altruism, Prague Economic Papers, 14, č. 4, s. 363-37, 2005

⁶ Hlaváček J. - Hlaváček M.: Petrohradský paradox a kardinální funkce užitku, Politická ekonomie, 52, č. 1, s. 48-60, 2004

⁷ Hlaváček J. - Hlaváček M.: Poptávková funkce na trhu s pojištěním: porovnání maximalizace paretové pravděpodobnosti přežití s teorií EUT von Neumanna a Morgensterna a s prospektovou teorií Kahnemana a Tverského, Czech Economic Review, Acta Universitatis Carolinae Oeconomica, 1, č. 2, s. 116-34, 2007

a nepříznivý výběr)⁸. Přitom nejde o oblasti nevýznamné. Tak například přerozdělování (včetně donátorských aktivit) a neziskový sektor tržní ekonomiky pokrývají více než polovinu finančních operací v moderní ekonomice.

Nechtěli jsme opouštět paradigma homo oeconomicus a nahrazovat ho paradigmatickým s kriteriální funkcí subjektů, která je v rozporu s maximalizací zisku. Z řady důvodů jdeme cestou jinou: pokoušíme se o rozšíření „záběru“ mikroekonomie tak aby byly postiženy aktivity neziskových subjektů, ale aby standardní maximalizace zisku resp. užítku byla speciálním případem. Tedy: paradigma homo oeconomicus neopouštíme, ale zobecňujeme s tím, že toto zobecnění standardní mikroekonomii nepopírá, nýbrž doplňuje.

Zobecňujícím kriteriem je pro nás maximalizace pravděpodobnosti přežití. Nemusí jít o kritérium, které je explicitně zvažováno při každodenním rozhodování jednotlivých subjektů. Pokud se jím ale subjekt neřídí, v průběhu času ekonomicky zanikne.

Předpokládáme, že pravděpodobnost přežití subjektu je přímo úměrná podílu jeho rezervy (oproti existenčnímu minimu b) na jeho důchodu d . Tak se dostáváme k Paretoovu rozdělení pravděpodobnosti prvního stupně⁹ s nesymetrickou distribuční funkcí:

$$F(d) = 0 \quad \text{pro } d \leq b$$
$$F(d) = \frac{d-b}{d} \quad \text{pro } d > b$$

a s funkcí hustoty pravděpodobnosti:

$$f(d) = 0 \quad \text{pro } d < b$$
$$f(d) = \frac{b}{d^2} \quad \text{pro } d \geq b.$$

Pokud existuje více různých ohrožení subjektu, umožní nám náš modelový přístup najít kompromisní řešení ve vícekriteriálním problému, přičemž ovšem nejde o vektorovou optimalizaci. Maximalizované kritérium je jediné: maximalizace pravděpodobnosti přežití, tj.

⁸ Hlaváček J. - Hlaváček M.: Principal-agent problem in the context of the economic survival. Acta Oeconomica Pragensia, roč. 14, č. 3, s. 18-33, 2006

⁹ Mimo ekonomii se pro Paretovo rozdělení prvního stupně někdy používá i název „Bradfordovo rozdělení“. K vlastnostem Paterova rozdělení pravděpodobnosti viz Hlaváček J.: Zobecněné mikroekonomické kritérium v tržní ekonomice, Politická ekonomie 48, č.4, s. 515-529, 2000

maximalizace pravděpodobnosti současného vyhnutí se všem rizikům, ohrožujícím ekonomické přežití subjektu¹⁰.

2. Trh s povolenkami pro emise škodlivin

Zhoršující se klima přimělo OSN v roce 1992 k přijetí Rámcové úmluvy o změně klimatu. Jejím dodatkem a součástí je Kjótský protokol z roku 1997, který zavazuje průmyslové země světa, aby do roku 2012 snížily emise skleníkových plynů proti úrovni z roku 1990 o 5,2 procent. Snižování emisí skleníkových plynů podle Kjótského protokolu by mělo vést ke zpomalení klimatických změn a globálního oteplování planety. Česká republika ratifikovala Kjótský protokol v roce 2001.

Za jeden ze základních nástrojů ke snížení ekologického zatížení se pokládá obchod s povolenkami k emisi škodlivin. Tento systém [Joint Implementation (JI) a Clean Development Mechanism (CDM)] poskytuje pro ekonomické subjekty tržně determinované pobídky k snižování emisí škodlivin. Systém rovněž umožňuje efektivní zásahy státu např. při omezování emisí oxidu uhličitého: stát jich vydá jen tolik, kolik chce připustit vypuštěných tun skleníkového plynu. V České republice to určuje tzv. Národní alokační plán.

S povolenkami, které subjekty nevyužijí, mohou obchodovat. Povolenky tak fungují podobně jako cenné papíry, mohou se prodávat jiným znečišťovatelům, kteří se do limitu nevešli¹¹.

Další uváděnou předností systému obchodování s povolenkami k znečištění je možnost sdružování prostředků na ekologické investice, které by jinak jediná firma obtížně realizovala.

Předpokládá se, že tento systém přispěje k alokaci ekologických investic tam, kde mají maximální účinnost a že se tedy v celostním pohledu emise škodlivin sníží.

V tomto článku se pokoušíme modelově popsat chování subjektu, který se snaží vyhnout dvěma rizikům: překročení limitu emisí škodlivin a platební neschopnosti v důsledku nízké ziskovosti. Má přitom možnost nákupem nebo prodejem emisních povolenek jedno z těchto rizik snížit na úkor druhého.

¹⁰ V realitě na trzích působí subjekty chovající se odlišně. Vysvětlení vidíme v jedinečné situaci každého odvětví či oboru a oblasti, kde firma působí. Různé situace vedou k různým objektivním i subjektivně pocíťovaným rizikům a tudíž i k odlišnému chování subjektů.

¹¹ Například největší český znečišťovatel, elektrárenský koncern ČEZ, takto v roce 2007 získal přes miliardu korun. Firmy ovšem nemají povinnost v nějakém termínu povolenky prodat: například v roce 2007 jejich cena na trhu klesla a řada podniků povolenky spekulativně držela s očekáváním zvýšení jejich tržní ceny.

V modelu budeme používat toto značení:

Y - objem produkce,

q - cena produktu,

π - zisk z jednotky produkce,

b - hranice zóny ohrožení z důvodu nízké ziskovosti,

G - objem emisí,

γ - emise na jednotku produkce,

G_0 - počáteční objem povolenek k znečištění,

ω - tržní cena povolenky,

ζ - objem nakoupených (při $\zeta < 0$ prodaných) emisních povolenek.

Paretoovská pravděpodobnost zániku z důvodu nízké ziskovosti je

$$p_1(x) = 1 - \frac{b}{p \cdot Y - z \cdot w}.$$

Předpokládáme, že firma nesmí překročit emisní limit daný objemem povolenek v držení, tedy prohibitivní postih za překročení tohoto limitu. Pravděpodobnost zániku z tohoto důvodu je

$$p_2(x) = 1 - \frac{G_0}{g \cdot Y + z \cdot w}.$$

Firma maximalizuje pravděpodobnost svého přežití

$$p(x) = p_1(x) \cdot p_2(x) = \frac{P_0 \cdot b}{(p \cdot Y - z \cdot w) \cdot (g \cdot Y + z \cdot w)}.$$

Protože součet činitelů ve jmenovateli je konstanta (a jelikož největší obsah z obdélníků s daným obvodem má čtverec) platí, že pravděpodobnost přežití maximalizuje prodej emisních povolenek ζ^* , při kterém jsou činitelé ve jmenovateli shodné:

$$p \cdot Y - z^* \cdot w = g \cdot Y + z^* \cdot w.$$

Optimálním (pravděpodobnost přežití maximalizujícím) objemem povolenek je tedy

$$z^* = \frac{Y}{2 \cdot w} \cdot (p - g).$$

Pokud je $z^* > G_0$, firma nakoupí $z^* - G_0$ povolenek. Pokud je naopak $z^* < G_0$, firma $z^* - G_0$ povolenek prodá.

Standardní tržní mechanismus pak zajistí, že se ustaví cena emisní povolenky ω^* , při které je objem poptávaných a nabízených povolenek shodný, tedy při které platí (i je index subjektu):

$$\sum_i z_i^*(\omega^*) = 0.$$

Za uvedených (realitě v zásadě neodporujících) předpokladů jsou poptávkové resp. nabídkové funkce subjektů na trhu hladkými funkcemi a rovnovážná cena ω^* jistě existuje a je dána jednoznačně, protože s nárůstem ceny ω se poptávka [úhrn kladných $z_i^*(\omega)$] i nabídka [úhrn záporných $z_i^*(\omega)$] po emisních povolenkách mění spojitě a rozdíl nabídky a poptávky na trhu emisních povolenek je rostoucí funkcí ceny povolenky.

3. Coaseho teorém pro negativní externalitu

Umožnění dohodovacího řízení o odškodném mezi subjekty poškozujícími a poškozenými negativní externalitou přináší (za předpokladu zanedbatelných nákladů vyjednávání¹²) efektivní výsledek, a to dokonce v určitém smyslu bez ohledu na zákonnou úpravu.

Klasický příklad použitý v průkopnické Coaseově stati¹³ zkoumá situaci lékaře, kterého při jeho práci poškozoval hluk výrobce cukrovinek z přilehlé budovy. Tradiční ekonomický názor byl restriktivní: hluk poškozuje lékaře a tudíž je výrobce cukrovinek zdroj hluku povinen odstranit. Coase si všiml zdánlivě samozřejmé skutečnosti: odstranění zdroje hluku sice pomůže lékaři, ale poškodí cukráře. Ať tak či onak, vždy někomu vznikne újma. Z celostního pohledu je zřejmé, že lepší bude, když se realizuje varianta, která vykazuje menší újmu. Coase dodává: pokud umožníme vyjednávání mezi poškozeným a „viníkem“, je pro oba subjekty výhodné realizovat variantu vykazující menší škodu.

Tedy: při splnění předpokladů teorému povede vyjednávání mezi subjekty zákonitě k dohodám, výhodným pro všechny zúčastněné a zároveň i k optimální alokaci zdrojů na ekologické investice. Výrobci ve vlastním zájmu za daných podmínek dosáhnou toho, o co stát v důsledku informační nouze usiluje marně: záporná externalita dosáhne úrovně, která je optimální z hlediska celku, tj. například z hlediska případného společného vlastníka obou provozů.

¹² Předpoklad nulových (zanedbatelných) transakčních nákladů způsobuje, že Coaseho teorém je aplikovatelný jen na situace s relativně nízkým počtem účastníků, neboť počet možných sestav aktérů interakce mezi účastníky podléhá "prokletí dimenze". Je-li počet subjektů 10, je počet podmnožin vytvořených z této množiny subjektů menší než 1000, pro $n = 15$ přesahuje 32 000, ale pro $n=20$ už existuje více než 7 milionů možných "sestav" účastníků Coasova dohodovacího řízení. Transakční náklady tak překročí pozitivní efekt vyjednávání a závěr o efektivnosti vyjednávání přestává platit.

¹³ Coase R.H.: Problem of Public Costs, Journal of Law and Economics 3, s. 144 – 171, 1960

V následujícím odstavci zformulujeme standardní Coaseho teorém pro nejběžnější případ negativní externality dvou výrobců.

3.1 Coaseho teorém pro negativní externalitu: případ dvou výrobců

Řešíme problém dvou výrobců (znečišťovatel a poškozovaný), přičemž předpokládáme nulové (zanedbatelné) náklady spojené s jejich vyjednáváním o případném odškodnění.

Označme:

x objem znečištění,

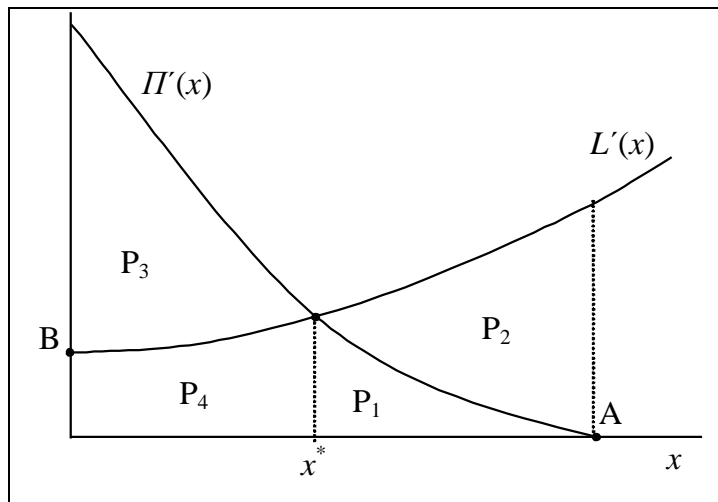
$\Pi(x)$ zisk znečišťovatele při aktivitě, která způsobuje znečištění v objemu x ,

$L(x)$ finanční ztrátu subjektu poškozovaného znečištěním x .

Optimum (efektivní úroveň znečištění) x^* je řešením rovnice

$$\Pi'(x) = L'(x).$$

Pokud je $\Pi(x)$ konkávní a $L(x)$ konvexní funkce, jde o nutnou a postačující podmínku efektivnosti.



Obr. 1: Efektivní úroveň negativní externality

Na obr. 1 je znázorněn klesající mezní zisk znečišťovatele $\Pi'(x)$ a rostoucí mezní újma poškozovaného $L'(x)$. Porovnejme dvě možné právní úpravy:

a) právní úprava povoluje znečišťovateli škodit poškozovanému dle libosti. Potom pokud se subjekty se nedomluví o satisfakci, je výsledkem situace, znázorněná bodem A, kdy znečišťovatel ignoruje újmu poškozovaného. Při efektivní úrovni znečištění x^* (optimální satisfakci) ztrácí znečišťovatel oproti situaci A zisk odpovídající ploše P_1 , ztráta poškozovaného se sníží o

ekvivalent plochy P_1+P_2 . Pokud se subjekty domluví a poškozovaný platí zaplatí znečišťovateli satisfakci ve výši

$$P_1 + a \cdot P_2, \text{ kde } 0 < a < 1,$$

za to, že (ač nemusel) omezil produkci a tím i znečištění, budou na tom oba subjekty při efektivní úrovni znečištění x^* oproti situaci A lépe, neboť získají:

- znečišťovatel částku $P_1 + a \cdot P_2 - P_1 = a \cdot P_2$
- poškozovaný částku $P_1 + P_2 - (P_1 + a \cdot P_2) = (1 - a) \cdot P_2$.

Tedy: oproti situaci A si oba subjekty při efektivní úrovni znečištění x^* polepší: rozdělí si zisk odpovídající ploše P_2 .

b) právní úprava naopak zakazuje znečišťování, poškozovaný může znečišťovateli zastavit výrobu. Bez domluvy o satisfakci je výsledkem situace B, kdy je znečišťovatel donucen k zastavení výroby. Případná domluva obou subjektů o náhradě škody ve výši

$$P_4 + a \cdot P_3, \text{ kde } 0 < a < 1$$

je opět přínosná pro oba subjekty. Oproti B získá :

- znečišťovatel částku $P_3+P_4 - (P_4 + a \cdot P_3) = (1 - a) \cdot P_3$,
- poškozovaný částku $a \cdot P_3$.

Tedy: i při právní úpravě sub b) si oproti situaci A oba subjekty při efektivní úrovni znečištění x^* polepší: rozdělí si zisk odpovídající ploše P_3 .

Bez ohledu na právní úpravu tedy dohoda vede k Pareto-efektivnímu řešení. Právní úprava ovšem podstatně ovlivňuje rozdělení. Například znečišťovatel má zisk (při započtení satisfakce)

- v případě povoleného znečištění $\Pi = P_1 + a \cdot P_2 + P_3 + P_4$, kdežto
- v případě práva poškozovaného zastavit mu výrobu $\Pi = P_3 + P_4 - (P_4 + a \cdot P_3) = (1 - a) P_3$.

Jinými slovy: z celostního pohledu je právní úprava irelevantní, z pohledu subjektů je víc než podstatná.

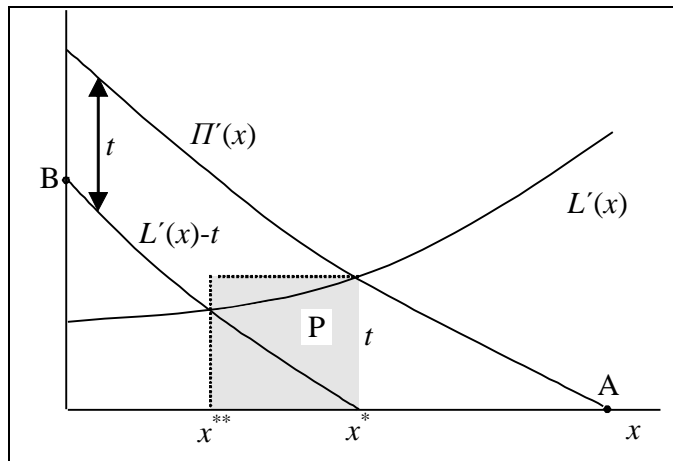
Coaseovo vyjednávání je jedním z možných způsobů internalizace externalit. Jsou s ním ovšem spojeny zásadní problémy: vedle v realitě nezanedbatelných nákladů na vyjednávání a vedení soudních pří jde o problém černých pasažérů, kteří mohou mít prospěch z uzavřených smluv, kterých se sami nezúčastní, přičemž jejich vyloučení z tohoto prospěchu může být

nemožné. Jiným problémem je časté dominantní postavení znečišťovatele na trhu povolení k znečišťování, které může převážit podíl přínosu z vyjednávání silně na stranu znečišťovatele.

Jiným způsobem internalizace jsou znečišťovateli ukládané Pigouovské daně ve výši mezní škody při efektivním znečištění:

$$t = \Pi'(x^*) = L'(x^*),$$

kteřé jsou konstruovány tak, aby znečišťovatele vedly k efektivní úrovni znečištění x^* (viz obr. 2).



Obr. 2: Pigouovská daň

Ani tento postup není bez zásadních problémů. Především existují nesnáze se získáváním informací nutných k výpočtu a stanovení správné pigouovské daně. Znečišťovatel je zde zákonitě zainteresován na zkreslování informací poskytovaných státu. Vedle tohoto problému existuje další: pokud mohou znečišťovatel a poškození vyjednávat, odchýlí to výši znečištění na úroveň x^{**} . Tato nová situace je přitom Paretoovsky neefektivní v tom smyslu, že přesunem do bodu x^* by se zvýšil daňový výnos o $t \cdot (x^* - x^{**})$, což je víc, než je zisk obou subjektů z dohody: plocha P svisle šrafovaného trojúhelníka na obr. 2 je nutně částí plochy obdélníka o stranách t , $x^* - x^{**}$.

V tomto smyslu je kombinace zdanění a poskytnutí prostoru pro vyjednávání nevýhodná. Tomu se stát může vyhnout tak, že pigouovskou daň využije ke kompenzační dotaci poškozenému ve výši utrpěné škody $\Pi(x^*)$, čímž zmizí motiv poškozeného k vyjednávání o kompenzaci a výsledkem je efektivní úroveň znečištění¹⁴.

¹⁴ To neplatí, je-li poškozený schopen zmírnit škody způsobené znečišťovatelem a kompenzace se mění podle výše škody: pak bude výše výdajů na zmírnění škody nižší než efektivní. Viz kap. 18B ve: Gravelle H. - Rees R.: Microeconomics, Longman Group UK Limited, North Holland, London, 1992

Stát by měl mít zájem, aby ekologické škody napravovaly a ekologické investice financovaly ty subjekty, které mohou dosáhnout nápravy s co nejnižšími náklady¹⁵. K zajištění toho ovšem stát nemá informace o nutných nákladech na ekologická opatření a navíc jde o eticky spornou zásadu: pokud má poškozovaná strana (např. lékař) možnost odstranit problém levněji (např. protihluková bariéra) než původce záporné externality (např. zastavení provozu cukrárny), je překvapivě efektivnější zákonná úprava umožňující obtěžovat okolí hlukem bez postihu.

3.2 Zobecněný Coaseho teorém pro záporné externality v kontextu maximalizace pravděpodobnosti přežití

Předpokládejme nyní, že oba výrobci (znečišťovatel i poškozovaný) maximalizují pravděpodobnost svého přežití.

Označme (index $j = 1$ patří znečišťovateli, index $j = 2$ poškozovanému):

- x objem znečištění,
- $d_j(x)$ důchod j -tého subjektu (se započtením poskytnutí resp. získání případné kompenzace od druhého subjektu) při aktivitě znečišťovatele přinášející znečištění v objemu x ;
- b_j hranici jistého zániku j -tého subjektu z důvodu nízkého důchodu.

Přitom $d_1(x)$ je logicky rostoucí, neboť větší snižování znečištění je možné jen za cenu většího snížení důchodu, naopak $d_2(x)$ je logicky klesající, neboť vyšší znečištění postihuje poškozovaného více. Protože lze předpokládat klesající mezní efekt snížení nákladů na udržení znečištění pod mezí x , lze předpokládat ryze konkávní tvar $d_1(x)$.

Rozlišíme dvě varianty právní úpravy:

A. Poškozovaný nemůže znečišťovateli zastavit výrobu

V této variantě musí poškozovaný, pokud chce omezit produkci znečišťovatele, mu zaplatit kompenzaci. Definitivní rozhodnutí je na znečišťovateli. Označíme:

- τ kompenzaci placenou poškozovaným,
- $x_1(\tau)$ variantní nabídku poškozovaného, tj. objem výroby znečišťovatele, při kterém je mu poškozovaný ochoten dát kompenzaci τ ,
- $x_2(\tau)$ objem výroby poškozovaného při ekologické zátěži dané objemem výroby znečišťovatele $x_1(\tau)$,

¹⁵ Viz 18. kapitola knihy Frank R.H.: Mikroekonomie a chování, Svoboda, Praha, 1995

p_1 cenu výstupu znečišťovatele

p_2 cenu výstupu poškozovaného

$\varphi_1(\tau)$ důchod znečišťovatele (se započtením poskytnuté kompenzace od poškozovaného)
v závislosti na výši kompenzace τ .

Pokud jde o funkci $x_1(\tau)$, je o ní rozumné předpokládat klesající průběh, protože větší snížení výstupu doprovází vyšší kompenzace a naopak. Protože užitek poškozovaného je podle předpokladu paretovská pravděpodobnost přežití, jsou objem výroby a výše kompenzace svázány podmínkou

$$\frac{b_2}{p_2 \cdot x_2(t) - t} = \frac{b_2}{p_2 \cdot x_2^0},$$

kde $x_2^0 = x_2(0)$. Odtud plyne

$$x_2(t) = \frac{p_2 \cdot x_2^0 + t}{p_2} = x_2^0 + \frac{t}{p_2}.$$

$$j_1(t) = p_1 \cdot x_1(t) + t = p_1 \cdot x_1(t) + p_2 \cdot (x_2(t) - x_2^0) \quad (*)$$

Pravděpodobnost přežití znečišťovatele v případě, že není zákonem omezován, nedbá svého vlivu na poškozovaného a není mu nabídnuta kompenzace ($\tau = 0$) je

$$p_1(0) = 1 - \frac{b_1}{j_1(0)} = 1 - \frac{b_1}{p_1 \cdot x_1^0},$$

kde $x_1^0 = x_1(0)$. Pravděpodobnost přežití znečišťovatele v případě, že přijme dotaci $\tau > 0$ je

$$p_1(t) = 1 - \frac{b_1}{j_1(t)},$$

kde jmenovatel je dán vztahem (*).

Optimální (z pohledu znečišťovatele) výše kompenzace $\tau^* > 0$ musí splňovat podmínku $p_1'(t) = 0$, tedy

$$\frac{b_1 \cdot j_1'(t^*)}{[j_1(t^*)]^2} = 0$$

$$j_1'(t^*) = 0$$

Dosadíme ze vztahu (*):

$$j_1'(t^*) = p_1 \cdot x_1'(t^*) + p_2 \cdot x_2'(t^*) = 0.$$

Takže: pokud má tato rovnice (*) řešení $\tau^* > 0$, je v tomto optimu maximální úhrn hodnot produkce obou subjektů

$$U(t) = p_1 \cdot x_1(t) + p_2 \cdot x_2(t).$$

Tuto funkci můžeme pokládat za celostní („společenské“) kritérium, neboť jde (až na konstantu $-b_1 - b_2$) o součet tržeb vynásobených pravděpodobnostmi přežití pro příslušný subjekt:

$$\left(1 - \frac{b_1}{p_1 \cdot x_1(t)}\right) \cdot p_1 \cdot x_1(t) + \left(1 - \frac{b_2}{p_2 \cdot x_2(t)}\right) \cdot p_2 \cdot x_2(t) = p_1 \cdot x_1(t) + p_2 \cdot x_2(t) - b_1 - b_2$$

Tedy: ve variantě A, kde o výši kompenzace rozhoduje poškozovatel na základě vstřícné nabídky poškozovaného, se tímto vyjednáváním o kompenzaci ustaví celostní („společenské“) optimum).

Pokud jde o ekologickou investici v objemu nákladů I a s daným ekologickým efektem, která je společensky (např. hlasováním v referendu) pokládána za hodnou realizace, tu ve variantě A samozřejmě financuje poškozovaný, kterému se tím zvýší pravděpodobnost zániku z hodnoty $\frac{b_2}{p_2 \cdot x_2(t)}$ na hodnotu $\frac{b_2}{p_2 \cdot x_2(t) - I}$.

B. Poškozovaný může znečišťovateli zastavit výrobu

V této variantě musí znečišťovatel (subjekt s indexem $j = 1$) zaplatit poškozovanému (subjektu s indexem $j = 2$) kompenzaci za jeho újmu. Definitivní rozhodnutí je na poškozovaném, znečišťovatel předloží variantní nabídku. O výši kompenzace a tedy i objemu znečištění rozhoduje tedy poškozovaný na základě vstřícné nabídky znečišťovatele.

Označíme:

σ kompenzaci placenou znečišťovatelem,

$x_1(\sigma)$ variantní nabídku znečišťovatele, tj. požadované povolení objemu své výroby za kompenzaci σ ,

$x_2(\tau)$ objem výroby poškozovaného při ekologické zátěži dané objemem výroby znečišťovatele $x_1(\tau)$,

p_1 cenu výstupu znečišťovatele,

p_2 cenu výstupu poškozovaného

$\varphi_i(\sigma)$ důchod i-tého subjektu (se započtením kompenzace placené poškozovanému)
v závislosti na výši kompenzace σ .

Pokud jde o variantní nabídku $x_1(\sigma)$, zde předpokládáme rostoucí průběh, neboť vyšší kompenzace znamená vyšší povolené znečištění. Maximalizace pravděpodobnosti svého přežití ze strany znečišťovatele vede k podmínce

$$\frac{b_1}{p_1 \cdot x_1(\mathbf{s}) - \mathbf{s}} = \frac{b_1}{p_1 \cdot x_1^0}$$

kde $x_1^0 = x_1(0)$. Odtud pro nabídku znečišťovatele plyne

$$x_1(\mathbf{s}) = \frac{p_1 \cdot x_1^0 + \mathbf{s}}{p_1} = x_1^0 + \frac{\mathbf{s}}{p_1},$$

$$j_2(\mathbf{s}) = p_2 \cdot x_2(\mathbf{s}) + \mathbf{s} = p_2 \cdot x_2(t) + p_1 \cdot (x_1(t) - x_1^0) \quad (**)$$

Pravděpodobnost přežití poškozovaného, pokud nepřijme žádnou kompenzaci ($\sigma = 0$) je

$$p_2(0) = 1 - \frac{b_2}{j_2(0)} = 1 - \frac{b_2}{p_2 \cdot x_2^0},$$

kde $x_2^0 = x_2(0)$. Pravděpodobnost přežití poškozovaného v případě, že přijme dotaci $\sigma > 0$ je

$$p_2(\mathbf{s}) = 1 - \frac{b_2}{j_2(\mathbf{s})},$$

kde jmenovatel je dán vztahem (**). Optimální (z pohledu znečišťovatele) výše kompenzace $\sigma^* > 0$ musí splňovat podmínku $p_2'(\mathbf{s}) = 0$. Po dosazení obdobně jako ve variantě A dostáváme

$$j_2'(\mathbf{s}^*) = 0$$

Dosadíme ze vztahu (**):

$$j_2'(\mathbf{s}^*) = p_1 \cdot x_1'(\mathbf{s}^*) + p_2 \cdot x_2'(\mathbf{s}^*) = 0.$$

Pokud existuje optimum (tj. rovnice (*) má řešení $\mathbf{s}^* > 0$), je zde stejně jako ve variantě A v maximu hodnota „společenského“ kritéria $U(\sigma)$.

Pro obě varianty A i B platí že optimum rozhodovatele je totožné s celostním („společenským“) optimem.

Jinak je tomu ovšem pokud jde o ekologickou investici. Zatímco ve standardním Coaseho teorému platí, že „společensky“ je jedno, jaká ke právní úprava (a kdo tedy bude tuto investici financovat), v zobecněné mikroekonomii to jedno není.

Hodnota „společenského“ kritéria po realizaci investice I ve variantě A je

$$U^{(A)}(t) = \left(1 - \frac{b_1}{p_1 \cdot x_1(t^*)}\right) \cdot p_1 \cdot x_1(t) + \left(1 - \frac{b_2}{p_2 \cdot x_2(t) - I}\right) \cdot p_2 \cdot x_2(t),$$

kdežto hodnota tohoto kritéria po realizaci investice I ve variantě B je

$$U^{(B)}(t) = \left(1 - \frac{b_1}{p_1 \cdot x_1(t^*) - I}\right) \cdot p_1 \cdot x_1(t) + \left(1 - \frac{b_2}{p_2 \cdot x_2(t)}\right) \cdot p_2 \cdot x_2(t),$$

přičemž [až na naprosto nereálný výjimečný případ $b_1 = b_2$ & $p_1 \cdot x_1(t^*) = p_2 \cdot x_2(t^*)$] jistě platí

$$U^{(A)}(t) \neq U^{(B)}(t).$$

Na základě dosažených závěrů nyní zformulujeme následující teorém:

Zobecněný Coaseho teorém pro negativní externalitu:

V pohledu zobecněné ekonomie, kde subjekty maximalizují vlastní paretoovskou pravděpodobnost přežití, platí, že:

- umožnění vyjednávání o kompenzaci za ekologickou újmu přinese optimalizaci užitku obou subjektů i společenského užitku nezávisle na právní úpravě. V tom se oproti Coasově teorému ve standardní mikroekonomii s paradigmatem homo oeconomicus neliší. Naproti tomu
- právní úprava v pohledu zobecněné ekonomie (na rozdíl od Coasově teorému ve standardní mikroekonomii) ovlivní individuální i společenské „náklady“ (poměřované v uvažovaných kriteriích individuů i celku) investic na nápravu ekologických škod. Je-li právní úprava v neprospěch ohroženějšího subjektu, tyto „náklady“ jsou vyšší než v opačném případě.

4. Coaseho teorém pro pozitivní externalitu

Základní princip Coaseova teorému platí i pro pozitivní externalitu. Pokud je produkce jejich poskytovatele, kterou zvolí při maximalizaci vlastního důchodu, z pohledu příjemce

externality nízká, může poskytovatele finančně stimulovat. V tomto případě se soustředíme jen na model s maximalizací pravděpodobnosti přežití.

Coaseho teorém říká, že maximalizací privátních užiteků zainteresovaných subjektů vznikne

- Pareto-optimální alokace zdrojů a zároveň
- celostně „společensky“ optimální výsledek, který jakákoli případná vnější direktiva nebo regulace zákonitě pokazí.

Aplikace Coaseho teorému na externality pozitivní má určitá specifika: nejde o satisfakci za újmu způsobenou jiným subjektem, nýbrž o přerozdělovací akci: jeden subjekt dává podporu druhému, o jehož přežití a případně navýšení jeho aktivity má vlastní ekonomický zájem.

4.1 Zobecněný Coaseho teorém pro pozitivní externality a subjekty maximalizující pravděpodobnost vlastního přežití

Jako příklad použijeme vztah pěstitele ovoce (sadaře) a včelaře. Jsou dvě možnosti: buď předpokládáme, že počet včelstev je nedostatečný pro opylení stromů sadaře a ten je pak ve vlastním zájmu ochoten dotovat včelaře nebo naopak počet stromů nepostačí k zajištění pylu pro včelstva, pak včelař poskytne sadaři rovněž ve vlastním zájmu určité finanční prostředky k rozšíření sadu.

Předpokládejme například, že „úzkým profilem“ jsou včely, tedy že příjemcem pozitivní externality je sadař. V opačném případě se v čistě modelovém pohled jedná pouze o přečíslování subjektů.

Předpokládejme dále, že přežití obou subjektů, tedy poskytovatele i příjemce pozitivní externality, závisí výhradně na jejich důchodu.

Tržbu e_s příjemce pozitivní externality (sadaře) představuje výhradně prodej ovoce v množství q_s s cenou π_s , tedy tržba sadaře je $e_s = q_s \cdot \pi_s$. Předpokládejme zjednodušeně, že pokud zanikne poskytovatel pozitivní externality (včelař), je $q_s = 0$. Důchod sadaře, který poskytuje včelaři příspěvek S , je $d_s = e_s - S$.

Důchod d_v poskytovatele pozitivní externality (včelaře) představuje jednak prodej medu o objemu v množství q_v s jednotkovou cenou π_v , jednak příspěvek od sadaře S , tedy $d_v = e_v + S$, kde $e_v = q_v \cdot \pi_v$.

Předpokládejme, že v obou případech jde o jediný zdroj příjmu subjektu. Ve shodě s modelem v úvodu tohoto článku předpokládáme, že pro riziko zániku subjektu s důchodem d a existenčním minimem b je rozhodující jeho relativní rezerva k existenčnímu minimu $\frac{d-b}{d} = 1 - \frac{b}{d}$, čemuž odpovídá nesymetrické Paretoovo rozdělení 1. stupně. Existenční minimum b (hranici zóny zániku) pro sadaře (příjemce pozitivní externality) označme b_s , pro včelaře (poskytovatele pozitivní externality) hranici jeho zóny zániku označíme b_v .

4.2 Model jediného poskytovatele pozitivní externality

Předpokládejme, že produkce sadaře q_s je hladkou rostoucí funkcí produkce medu q_v :

$$q_s = q_s(q_v).$$

Cena ovoce π_s (stejně jako cena medu π_v) je dána, je tedy hladkou rostoucí funkcí i funkce tržeb sadaře:

$$e_s(q_v) = \pi_s \cdot q_s(q_v)$$

Předpokládejme dále, že produkce včelaře q_v je rovněž dána s tím, že hrozí, že (z důvodu nedostatečného důchodu) včelař zanikne a jeho produkce klesne na nulu. Jeho důchod po získání dotace S je

$$d_v = e_v + S = q_v \cdot \pi_v + S$$

a jeho pravděpodobnost přežití je

$$p_v(S) = \frac{d_v - b_v}{d_v} = 1 - \frac{b_v}{q_v \cdot p_v + S}.$$

Naproti tomu sadař je v situaci dvojího ohrožení: jednak nízkým vlastním důchodem, jednak zánikem včelaře. Důchod sadaře pro vlastní potřebu (po odečtení příspěvku včelaři) je

$$d_s = \pi_s \cdot e_s(q_v) - S$$

s pravděpodobností přežití danou součinem pravděpodobností přežití včelaře a vyhnutí se riziku zániku z důvodu nízkého vlastního důchodu:

$$p_s(S) = \left[1 - \frac{b_v}{q_v \cdot p_v + S} \right] \cdot \left[1 - \frac{b_s}{p_s \cdot q_s(q_v) - S} \right]$$

Označme prvního činitele C_1 , druhého C_0 :

$$p_s(s) = C_1(s) \cdot C_0(s)$$

Podmínkou pro maximum je

$$C_1'(s) \cdot C_0(s) + C_0'(s) \cdot C_1(s) = 0$$

$$\frac{C_1'(s)}{C_1(s)} = -\frac{C_0'(s)}{C_0(s)}$$

$$[\ln C_1(s)]' = -[\ln C_0(s)]' .$$

Protože derivované funkce na obou stranách rovnice jsou (za přijatého předpokladu hladkosti funkce $q_s(q_v)$) prosté, ryze monotónní, hladké a kladné a protože

$$[\ln C_1(0)]' < -[\ln C_0(0)]' \text{ a zároveň}$$

$$\lim_{s \rightarrow \infty} [\ln C_1(s)]' > -\lim_{s \rightarrow \infty} [\ln C_0(s)]' ,$$

existuje jediná optimální úroveň dotace s^* . Je zřejmé, že pro ni platí $s^* > 0$, tedy nezávisle parametrech modelu platí, že pokud je v místě jediný včelař, je pro sadaře je ekonomicky výhodné ho dotovat.

4.3 Model s více poskytovateli pozitivní externality

Nejprve budeme analyzovat situaci s dvěma včelaři: vybere si sadař jednoho nebo podporuje oba? Bude preferovat silnějšího (poskytujícího mu v porovnání se slabším větší míru jistoty) nebo slabšího (existence dvou včelařů může sadaři vyhovovat víc). Ovlivní skutečnost, že včelaři jsou dva, výši podpory? Ukážeme, že náš přístup umožní analyzovat takovéto netriviální problémy.

Předpokládáme, že sadař zaniká, až když zaniknou oba včelaři. Pravděpodobnost jeho přežití je tedy dána vztahem :

$$p_s(s_1, s_2) = \left[1 - \frac{b_s}{p_s \cdot q_s(q_v) - s} \right] \cdot \left[1 - \frac{b_v^1}{q_v^1 \cdot p_v + s_1} \right] \cdot \left[1 - \frac{b_v^2}{q_v^2 \cdot p_v + s - s_1} \right]$$

přičemž produkce medu se rozdělí (při shodném objemu) na produkci obou včelařů:

$$q_v = q_v^1 + q_v^2$$

Nejprve uvažujme, že oba včelaři jsou ve stejném ekonomickém postavení, tj. $b_v^1 = b_v^2$, $q_v^1 = q_v^2 = q_v / 2$ a tedy že jsou ohroženi zánikem stejně. V tomto případě nemá samozřejmě sadař žádný důvod preferovat jednoho včelaře před druhým (jsou z jeho pohledu totožní), můžeme tedy předpokládat $s_1 = s_2 = s/2$. Pravděpodobnost přežití sadaře je pak

$$p_s\left(\frac{s}{2}, \frac{s}{2}\right) = \left[1 - \frac{b_s}{p_s \cdot q_s(e_v) - s}\right] \cdot \left[1 - \frac{2b_v}{q_v \cdot p_v + s}\right]^2.$$

Pokud jsou včelaři v nestejném ekonomickém postavení, bude sadař preferovat slabšího. Pokud i po získání celé dotace s zůstane pravděpodobnost zániku slabšího větší, dostane celou dotaci. Pokud ne, rozdělí se dotace následovně:

$$s_1 = s_0 + (s - s_0)/2$$

$$s_2 = (s - s_0)/2,$$

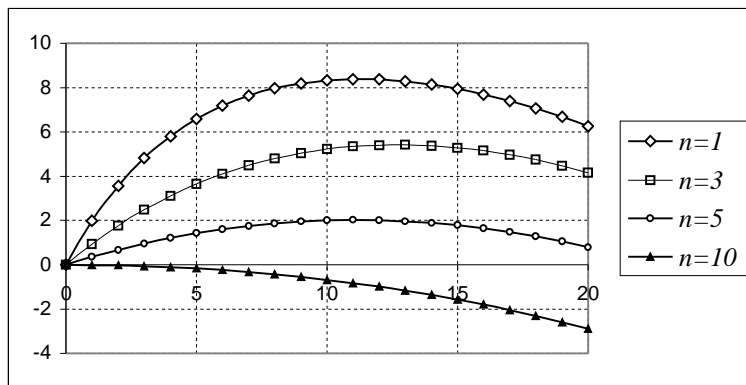
kde s_0 je dotace, vyrovnávající míru ohrožení obou, tj.

$$1 - \frac{b_v^1}{d_v^1 + s_0} = 1 - \frac{b_v^2}{d_v^2}.$$

Pro n včelařů stejného ekonomického postavení bude dotace rozdělena rovnoměrně, tj. $s_j = s/n$, a pro pravděpodobnost přežití sadaře bude obdobně jako v případě pro $n = 2$ platit

$$p_s\left(\frac{s}{n}, \dots, \frac{s}{n}\right) = \left[1 - \frac{b_s}{p_s \cdot q_s(e_v) - s}\right] \cdot \left[1 - \frac{n \cdot b_v}{q_v \cdot p_v + s}\right]^n.$$

Poskytnutím v úhrnu shodné dotace s více včelařům si sadař pravděpodobnost svého přežití zvýší, přičemž čím vyšší je počet včelařů n , tím vyšší je toto navýšení pravděpodobnosti přežití. To prokázaly výpočetní experimenty, které jsme prováděli pro případ shodného ekonomického postavení všech včelařů a pro desetinásobnou tržbu sadaře oproti úhrnné tržbě včelařů. Výsledky těchto experimentů jsou zachyceny na obr. 3.



Obr. 3: Nárůst pravděpodobnosti vlastního přežití sadaře v % (na svislé ose) v důsledku jeho příspěvku včelařům v % z vlastního důchodu (na vodorovné ose)

Efekt dotace (v optimu celkem zhruba ve výši 10 % důchodu sadaře) je tedy relativně nejvyšší pro případ jediného včelaře. Tento závěr je logický: čím menší počet včelařů, tím ohrožení každého z nich znamená větší riziko pro sadaře a tím ceteris paribus i vyšší motivaci pro poskytnutí dotace. Při vyšším počtu včelařů sadař (vzhledem k tomu, že poskytováním dotace ohrožuje sám sebe snížením svého důchodu) dotaci sníží. Velmi vysoký (dvojciferný) počet poskytovatelů pozitivní externality způsobí, že sadař od dotování ustoupí.

Tyto závěry jsou samozřejmě podmíněny omezujícími a zjednodušujícími předpoklady modelu. To ovšem platí pro každý mikroekonomický model.

Literatura

- Cahlík T. - Hlaváček J. - Marková J.: Školné či dotace? (Simulace s modely systému vysokých škol), *Politická ekonomie* 52, č. 1, s. 54-66, 2008
- Frank R.H.: *Mikroekonomie a chování*, Praha, Svoboda, 1995
- Gravelle H. - Rees R.: *Microeconomics*, Longman Group UK Limited, North Holland, London 1992
- Hlaváček J.: Producers Criteria in a Centrally Planned Economy, in : *Optimal Decisions in Markets and Planned Economies*, edited by Quandt R.E., Tříška. D., Westview Press , Inc., 1990
- Hlaváček J.: Zobecněné mikroekonomické kritérium v tržní ekonomice, *Politická ekonomie* 48, č.4, s. 515-529, 2000
- Hlaváček J. - Hlaváček M.: Ekonomická iracionalita donátora plynoucí z nedůvěry k příjemci dotace, *Finance a úvěr*, 54, č. 2, 2004
- Hlaváček J. - Hlaváček M.: Petrohradský paradox a kardinální funkce užítku, *Politická ekonomie*, 52, č. 1, s. 48-60, 2004
- Hlaváček J. - Hlaváček M.: Ekonomická iracionalita donátora plynoucí z nedůvěry k příjemci dotace, *Finance a úvěr*, 54, č. 2, 2004
- Hlaváček J. - Hlaváček M.: Cruel Altruism, *Prague Economic Papers*, 14, č. 4, s. 363-37, 2005
- Hlaváček J. - Hlaváček M.: Principal-agent problem in the context of the economic survival. *Acta Oeconomica Pragensia*, roč. 14, č. 3, s. 18-33, 2006
- Hlaváček J. - Hlaváček M.: Poptávková funkce na trhu s pojištěním: porovnání maximalizace paretovské pravděpodobnosti přežití s teorií EUT von Neumanna a Morgensterna a s prospektovou teorií Kahnemana a Tverského, *Czech Economic Review, Acta Universitatis Carolinae Oeconomica*, 1, č. 2, s. 116-34, 2007

IES Working Paper Series

2008

1. Irena Jindrichovska, Pavel Körner : *Determinants of corporate financing decisions: a survey evidence from Czech firms*
2. Petr Jakubík, Jaroslav Heřmánek : *Stress testing of the Czech banking sector*
3. Adam Geršl : *Performance and financing of the corporate sector: the role of foreign direct investment*
4. Jiří Witzany : *Valuation of Convexity Related Derivatives*
5. Tomáš Richter : *Použití (mikro)ekonomické metodologie při tvorbě a interpretaci soukromého práva*
6. František Turnovec : *Duality of Power in the European Parliament*
7. Natalie Svarciva, Petr Svarc : *Technology adoption and herding behavior in complex social networks*
8. Tomáš Havránek, Zuzana Iršová : *Intra-Industry Spillovers from Inward FDI: A Meta-Regression Analysis*
9. Libor Dušek, Juraj Kopecsni : *Policy Risk in Action: Pension Reforms and Social Security Wealth in Hungary, Czech Republic, and Slovakia*
10. Alexandr Kuchynka : *Volatility extraction using the Kalman filter*
11. Petr Kadeřábek, Aleš Slabý, Josef Vodička : *Stress Testing of Probability of Default of Individuals*
12. Karel Janda : *Which Government Interventions Are Good in Alleviating Credit Market Failures?*
13. Pavel Štika : *Možnosti analytického uchopení reciprocity v sociálních interakcích*
14. Michal Bauer, Julie Chytilová: *A Model of Human Capital, Time Discounting and Economic Growth*
15. Milan Rippel, Petr Teplý : *Operational Risk – Scenario Analysis*
16. Martin Gregor : *The Strategic Euro Laggards*
17. Radovan Chalupka, Petr Teplý : *Operational Risk Management and Implications for Bank's Economic Capital – a Case Study*
18. Vít Bubák : *Value-at-Risk on Central and Eastern European Stock Markets: An Empirical Investigation Using GARCH Models*
19. Petr Jakubík, Petr Teplý : *The Prediction of Corporate Bankruptcy and Czech Economy's Financial Stability through Logit Analysis*

20. Elisa Gaelotti : *Do domestic firms benefit from geographic proximity with FDI? Evidence from the privatization of the Czech glass industry*
21. Roman Horváth, Marek Rusnák : *How Important Are Foreign Shocks in Small Open Economy? The Case of Slovakia*
22. Ondřej Schneider : *Voting in the European Union - Central Europe's lost voice*
23. Fabricio Coricelli, Roman Horváth : *Price Setting and Market Structure: An Empirical Analysis of Micro Data*
24. Roman Horváth, Kamila Koprnická : *Inflation Differentials in EU New Member States: An Empirical Evidence*
25. Michal Franta, Branislav Saxa, Kateřina Šmídková : *Inflation Persistence: Is It Similar in the New EU Member States and the Euro Area Members?*
26. Jakub Seidler : *Implied Market Loss Given Default: structural-model approach*
27. Radovan Chalupka, Juraj Kopecsni : *Modelling Bank Loan LGD of Corporate and SME Segments: A Case Study*
28. Michal Bauer, Julie Chytilová, Jonathan Morduch: *Behavioral Foundations of Microcredit: Experimental and Survey Evidence From Rural India*
29. Jiří Hlaváček, Michal Hlaváček : *Mikroekonomické modely trhu s externalitami, zobecněný Coaseho teorém*

All papers can be downloaded at: <http://ies.fsv.cuni.cz>

