

UDK: 332.6:351.777.6:546.815(73-43)
DOI: 10.5379/urbani-izziv-2010-21-02-005

Ermanno AFFUSO
Christophe Vincent de PARISOT
Chau-Sa HO
Diane HITE

Vpliv nevarnih odpadkov na vrednost nepremičnin: posledice onesnaženja s svincem

Članek preučuje vpliv onesnaženja s svincem na vrednost nepremičnin v kraju Anniston, ki se nahaja v ameriški zvezni državi Alabami in velja za eno najbolj onesnaženih mest v ZDA. S pomočjo hedonske analize cen nepremičnin smo lahko preučili, v kolikšni meri onesnaženje s svincem vpliva na vrednost nepremičnin v Annistonu in koliko na padec vrednosti vpliva tamkajšnje vojaško skladišče. Ocenili smo, da bi čiščenje okolja, onesnaženega s svincem, povečalo vrednost nepremičnin za 1.140 USD na gospodinjstvo, ugotovili pa smo tudi, da z zmanjševanjem oddaljenosti od vira onesnaženja pada tudi vrednost nepremičnin, približno za 2 % na kilometer; ta številka se

sklada s predhodnimi raziskavami povezav med okoljskimi neprivlačnostmi in vrednostjo nepremičnin.

Ključne besede: hedonska analiza, okoljske neprivlačnosti, zunanji dejavniki, urbana ekonomija

1 Uvod

Družbeni stroški onesnaženja s svincem so dobro dokumentirani, vključujejo pa izmerljive zdravstvene stroške in tudi težje izmerljive stroške, ki nastanejo kot posledica zmanjšane mentalne sposobnosti (IQ) in prihodkov oziroma plač prizadetih. V ameriškem raziskovalnem centru Pew za zvezne države (2010) so ugotovili, da se zaradi izpostavljenosti svincu v življenjskem obdobju ene generacijske skupine stroški zdravstvenega sistema povečajo za od 11 do 53 milijonov USD, izgubljeni prihodki znašajo od 190 do 268 milijard USD, stroški posebnega izobraževanja se povečajo za od 297 do 413 milijonov USD, stroški, ki nastanejo kot posledica vedenjskih motenj in kriminalnih nagnjenj, pa se povečajo tudi za več kot 1,7 milijarde USD. Torej v življenjskem obdobju posameznikov, rojenih v ZDA v nekem določenem času, skupno povišanje družbenih stroškov presega 192 milijard USD, kar nakazuje, da bi zmanjšana izpostavljenost svincu družbi lahko prinesla kar veliko koristi.

Raziskave družbenih stroškov, ki nastanejo zaradi izpostavljenosti svincu, zanemarjajo pomemben vidik, ki prizadene zasebne in lokalne javne vladne sektorje: padec v vrednosti stanovanjskih nepremičnin. Ko vrednost nepremičninam pade, to negativno vpliva na lokalne davčne prihodke, kar povzroči krčenje javnih dobrin in storitev na prizadetih območjih. Naša hipoteza je, da onesnaževanje s svincem negativno vpliva na vrednost nepremičnin, zato smo se odločili izmeriti obseg in statistično pomembnost tega vpliva. Da bi hipotezo preverili, smo analizirali primere s svincem onesnažene vode in prsti ter s pomočjo hedonskega cenovnega modela določili vpliv onesnaženosti na vrednost nepremičnin. Pri hedonskem modelu (Rosen, 1974) je ovrednotenje dobrine močno odvisno od njenih lastnosti in značilnosti. Ceno dobrine lahko obravnavamo kot vsoto izdatkov za njene posamezne značilnosti, cene značilnosti pa so implicitno določene v modelu. Vrednost nepremičnine v modelu pomeni funkcijo njenih značilnosti: $P(c_i)$, kjer $i = 1, 2, \dots, n$ za vsako od n -značilnosti. Točka c_i je točka uravnoteženosti na hiperravnini n -dimenzionalnega prostora, vsaka točka pa pomeni vrednost i -te značilnosti dobrine na tej točki. Hedonski model določa konkurenčno ravnotežje na tej hiperravnini. $P(c_i)$ torej določajo tržni pogoji, ki kupce in prodajalce ženejo k odločitvam. Odločitve, ki jih na tržišču sprejmejo agenti, so optimalne za kupce in prodajalce in so kompromis med vsemi mogočimi možnostmi. Mejo, do katere lahko neka pomanjkljivost vpliva na vrednost nepremičnine, lahko določimo z nižanjem vrednosti nepremičnin glede na njihove značilnosti.

Članek je sestavljen tako, da so v naslednjem, drugem, sklopu predstavljene obstoječe raziskave na tem področju, tretji sklop je namenjen obravnavani raziskavi, v četrtem sklopu so opisani podatki, v petem sklopu je predstavljen ekonometrični model,

rezultati regresijskega modela so obravnavani v šestem sklopu, članek pa se konča s sklepom.

2 Pregled literature

V literaturi obstaja kar nekaj primerov uporabe hedonske analize za določanje vrednosti netržnih dobrin in ocenjevanje okoljskih in družbenih posledic, ki nastanejo zaradi sprememb v vrednosti nepremičnin. Diane Hite idr. (2000) so hedonski cenovni model uporabili za določitev ekonomskega vpliva okoljskih neprivlačnosti na vrednost nepremičnin. Osredotočili so se na vpliv delujočih in zaprtih odlagališč za odpadke na cene stanovanjskih nepremičnin. Ugotovili so, da zapiranje odlagališč družbenih stroškov ne izniči popolnoma. Neprivlačnosti namreč povzročijo padec vrednosti nepremičnin, kar pomeni precejšnjo izgubo prihodkov od davka na nepremičnine. Chau-Sa Ho in Diane Hite (2008) sta raziskovali vplive okoljskih zdravstvenih tveganj, kot so odlaganje strupenih odpadkov, število lokacij superfund (lokacija superfund je onesnaženo območje, ki ga je ameriška agencija za zaščito okolja uvrstila na prioriteten seznam onesnaženih lokacij, predvidenih za čiščenje, op. prev.) in umrljivost za rakom, na vrednost nepremičnin v jugovzhodnem delu ZDA. Uporabili sta simultani prostorski model dvostopenjskega najmanjšega kvadrata (2SLS) in hedonsko ceno vključili kot funkcijo značilnosti stanovanjskega objekta, soseske, okraja in okolja. Ugotovili sta, da na vrednost nepremičnin neugodno vplivata odlaganje strupenih odpadkov in umrljivost za rakom. Jeff Anstine (2003) je preučeval vpliv dveh škodljivih obratov na vrednost nepremičnin: tovarno gume, ki v okolje izpušča smrad in vidno onesnažen zrak, in tovarno za pridelavo težkih kovin, ki v postopku izdelave uporablja osiromašen uran. Ugotovil je, da le vidne neprivlačnosti vplivajo na vrednost nepremičnin. Brid Gleeson Hanna (2005) je preveril hipotezo, da sta v skupnostih, v katerih so tovarne, ki onesnažujejo, v primerjavi s skupnostmi, ki se nahajajo na čistejših območjih, vrednost nepremičnin in višina prihodkov nižja. Ugotovitve so pokazale, da oddaljenost prebivališča od obrata, ki onesnažuje, zmanjša vrednost nepremičnin le za približno 1,9 % na miljo, kar je manj v primerjavi z drugimi obstoječimi raziskavami (čeprav so rezultati podobni).

Hedonski modeli se uporabljajo tudi zunaj ZDA. Anish Neupane in Kent Gustavson (2006) sta preučevala vpliv onesnažene lokacije v Sydneyju v Novi Škotski in ugotovila, da negativno vpliva na vrednost nepremičnin, ki so nekaj sto metrov stran od nje. Skupaj so bile izgube v vrednosti nepremičnin zaradi onesnažene lokacije v Sydneyju ocenjene na 36 milijonov CAD. Arief Anshory Yusuf in Budy P. Resosudarmo (2007) sta s pomočjo hedonskega modela določila vrednost čistega zraka v Džakarti tako, da sta zmanjšala mesečne najemnine glede na strukturne značilnosti stanovanj in okoljske značilnosti

(upoštevajoč prisotnost šestih onesnaževalcev). Njuni rezultati so pokazali, da so posamezna gospodinjstva plačevala 38,72 USD na mesec za preprečevanje onesnaženja s svincem (treba je povedati, da je bil svinec edini onesnaževalec v modelu, ki je dosegel 5-odstotno raven pomembnosti).

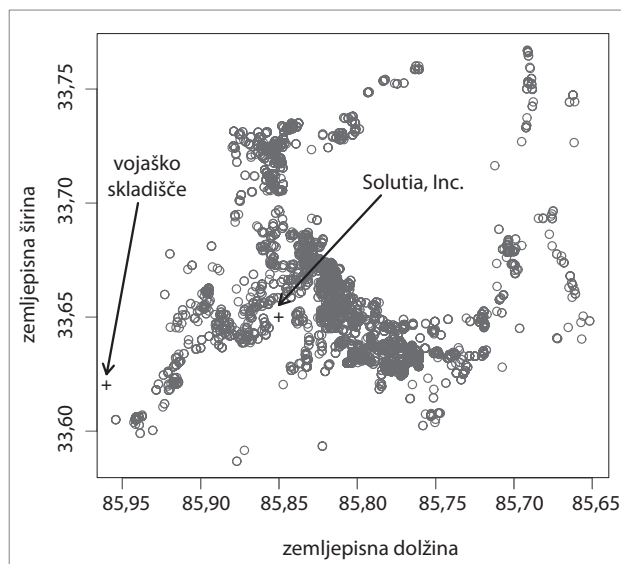
3 Področje raziskave

Svinec je kemični element s simbolom Pb in atomsko maso 207,2 g/mol. Štejejo ga med težke kovine, čeprav taka uvrstitev po mnenju mednarodne zveze za čisto in uporabno kemijo (ang. *International Union of Pure and Applied Chemistry*, v nadaljevanju: IUPAC) ni smiselna in je zavajajoča (Duffus, 2002). Svinec ima ekotoksične lastnosti, kar pomeni, da človek nima encimskega sistema za homeostatski nadzor te snovi. Po poročanju ameriške agencije za zaščito okolja (ang. *US Environmental Protection Agency*, v nadaljevanju: EPA, 2009) ter centrov za nadzor in preprečevanje bolezni (2009) lahko zastrupitev s svincem (ali saturnizem) povzroči neštete zdravstvene zaplete, vključno z vedenjskimi motnjami in učnimi težavami. Posamezniki so svincu lahko izpostavljeni prek onesnaženega zraka in onesnažene vode ali hrane. Dejstvo, da je svinec brez barve, vonja in okusa, poveča tveganje za izpostavljenost med posamezniki, ki uporabljajo vodo iz vodnih zbiralšč, ki so v bližini onesnaženih vod. Čeprav je svinec v vodi slabo topljiv, pa lahko prst, ki vodo obdaja in vsebuje visoko koncentracijo svinca, to onesnaži prek raztapljanja ionov Pb^{++} vanjo (voda mora biti le nekoliko kislja). Prst se lahko s svincem onesnaži zaradi odstopanja svinčenih barv, postopkov izdelovanja baterij in drugih izdelkov, sežigalnic in odlaganja svinčenih delcev na površino tal prek izpušnih plinov iz vozil, ki uporabljajo ovinčen bencin. Svinec se je dolga leta veliko uporabljal, dokler raziskave niso odkrile potencialnih nevarnosti, predvsem pri otrocih, mlajših od šest let, ki se jim možgani še razvijajo. Michael D. Lewin idr. (1999) so z uporabo multivariatnega linearnega regresijskega modela napovedali raven vsebnosti svinca v krvi otrok na podlagi ravni svinca v prsti na štirih lokacijah superfund. Njihov model^[1] je pokazal pomembno pozitivno korelacijo med ravno svinca v prsti in ravno svinca v krvi otrok.

Anniston je tako naravni laboratorij, v katerem lahko uporabimo svoj model in preverimo vpliv onesnaženja s svincem na vrednost nepremičnin. V Annistonu je obratovala tovarna Solutia Plant (korporacije Monsanto), ki je med letoma 1920 in 1970 izdelovala poliklorirane bifenile (v nadaljevanju: PCB); leta 1970 so izdelovanje PCB prepovedali. Predhodna raziskava v Annistonu (de Parisot, 2007) je potrdila padec vrednosti nepremičnin zaradi okoljskih zdravstvenih tveganj, ki so jih zaznali tamkajšnji prebivalci. To kaže na močno korelacijo med upadajočimi vrednostmi in naraščajočo koncentracijo PCB v prsti. V Annistonu je tudi vojaško kemično skladišče (ang. *An-*

niston Army Depot, v nadaljevanju: ANAD), ki ga je vojska po odločitvi leta 1988, da bodo sežgali vse kemično orožje, ki so ga tam hranili, avgusta 2003 spremenila v sežigalnico kemičnega orožja; v tistem času so namreč začeli uničevati rakete M55, ki so vsebovale živčne strupe. Uničevanje orožja z mehurjevci in živčnimistrupi naj bi trajalo do leta 2012.

Okoljsko zdravje je v vzhodni Alabami že dolgo časa predmet raziskav javnega zdravja. D. Alan Hansen in George M. Hidy (1982) sta preučevala kemično sestavo dežja na jugovzhodnem območju ZDA od Alabame proti vzhodu do Floride. Njuni izsledki so pokazali padavine s povišano kislostjo ($pH < 5,0$) med letoma 1950 in 1970. Po mnenju avtorjev je to verjetno posledica precejšnjega povečanja prebivalstva in industrijske rasti, do katerih je v tem dvajsetletnem obdobju prišlo v tej regiji.



Slika 1: Prostorska porazdelitev stanovanj v Annistonu (vir: okraj Calhoun, Alabama, 2005)

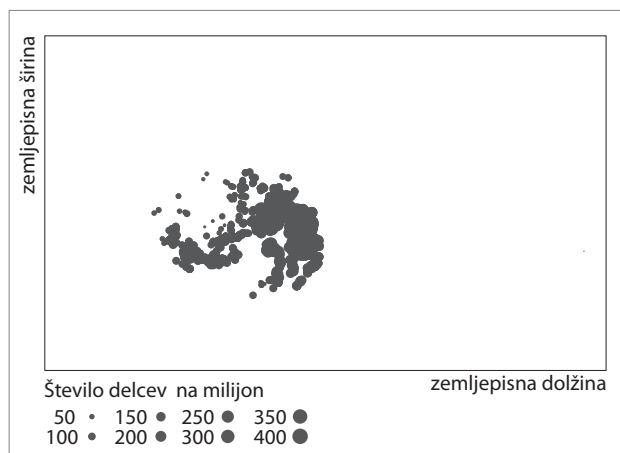
EPA je v sodelovanju z 11 korporacijami (anketiranci), ki delujejo na področju Annistona, sprejela sporazum, da bo raziskala onesnaženost s PCB in svincem kot morebitnih posledic obratovanja korporacij anketirancev. Naslednje besedilo je vzeto iz odgovorov na vprašanja javnosti glede tega sporazuma:

EPA ocenjuje, da je večji del onesnaženosti s svincem na področju Annistona, ki ne nastaja naravno ali kot posledica značilnih urbanih dejavnosti, kot je uporaba svinčene barve ali ovinčenega bencina, povezan z delovanjem številnih industrijskih obratov, ki so po vsej dolini, v kateri leži Anniston, vključno s tovarnami, ki so v lasti anketirancev ali pa jih ti upravljajo. V nasprotju s koncentracijo PCB v Annistonu, ki je posledica človeškega delovanja in je primarno povezana s preteklim obratovanjem tovarne Monsanto, se svinec na področju Annistona sprošča v okolje na različne načine. Prvič, določena koncentracija svinca v okolju je naraven pojav. Drugič, svinec se je na

urbanih območjih uporabljal na različne načine – svinčena barva in osvinčen bencin sta povsod navzoča vira. Kljub temu je EPA navedla sklep, da je raven onesnaženosti s svincem v Annistonu višja kot na drugih podobnih manjših urbanih območjih. (EPA, 2006: 16–17.)

Leta 2002 je EPA začela izvajati dejavnosti za čiščenje svinca in PCB in do zdaj porabila več kot 12 milijonov USD za čiščenje svinca samo na območju Annistona. Vzorce prsti z več kot 2.000 stanovanjskih zemljišč so testirali za onesnaženost s svincem. Približno 342 vzorcev je presegalo varnostni prag agencije, ki znaša 400 delcev na milijon. Do takrat, ko smo zbirali podatke za raziskavo, je EPA očistila že 133 od 342 zemljišč. Po njihovem mnenju so onesnaženost s svincem povzročile industrijske dejavnosti 23 obratov, vključno s tovarno Solutia korporacije Monsanto. Te industrijske dejavnosti so med drugim vključevale livarstvo, proizvodnjo streliva, predelavo starih avtomobilov, proizvodnjo jekla ter postopka posrebitve in galvanizacije (EPA, 2006).

Iz pogovorov z več sto lokalnimi prebivalci in pregledov dokumentov o odlaganju odpadkov livarskih obratov je EPA lahko razbrala, da se je pri zasipavanju pogosto uporabljal livarski pesek. Onesnaženje s svincem, ki nastane zaradi odtokanja vode, pa je bilo manj pogosto. EPA je tudi ugotovila, da se je svinec več let v okolje sproščal prek izpustov iz dimnikov, preden so livarne uvedle kakršne koli čistilne naprave za preprečevanje ali zmanjševanje onesnaževanja. Z uporabo modelov razpršitve svinca po zraku je EPA prav tako lahko potrdila, da je v Annistonu do onesnaženosti s svincem prišlo zaradi onesnaženega zraka.



Slika 2: Koncentracija svinca v Annistonu (vir: EPA, 2005)

Med letoma 1928 in 1964 je korporacija Monsanto izdelovala PCB po postopku s pečjo za taljenje svinca. Tako so nastajale emisije svinčenih hlapov, ki so se v zrak sproščale iz predelovalnih obratov in pri njihovem vzdrževanju. EPA je na podlagi dokumentov korporacije Monsanto potrdila, da se je svinec v zrak sproščal zaradi postopka s pečjo za taljenje svinca, v vodni sistem pa neposredno prek tovarniških odpadnih voda. Čeprav

količina emisij svinca, ki so nastale pri tem postopku, ni bila izmerjena, je neimenovani strokovnjak povedal, da je pri postopku s pečjo za taljenje svinca v tem obdobju tovarna v okolje spustila približno 258 ton svinca. Zračni modeli so pokazali, da je bila visoka koncentracija svinca v zraku pričakovana v polmeru 500 metrov od posameznega dimnika.

4 Opis podatkov

Podatke, uporabljene v tem članku, smo pridobili iz številnih virov, ki vsebujejo podrobne informacije o približno 65.000 družinskih stanovanjskih objektih. Celotna zbirka podatkov za leto 2005 zajema podatke, zbrane pri geodetski upravi in davčnem uradu za okraj Calhoun in ministrstvu za šolstvo zvezne države Alabama ter iz popisa izpustov strupenih snovi ameriške agencije za zaščito okolja, prostorskih podatkov, zbranih s pomočjo geografskega informacijskega sistema (ang. *GIS Spatial Data*) in standardizirane statistike in popisnih mikro-podatkov STF3A ameriškega zveznega preiskovalnega urada (ang. *Federal Bureau of Investigations Uniform Crime Statistics and Census STF3A Microdata*) na ravni srednje cenzusne enote (ang. *census block group*, v nadaljevanju: CBG). Podatkovni sklop, vključen v našo analizo, zajema 4.783 podatkov, ki se navezujejo na območje Annistona. Obsežna podatkovna zbirka omogoča konsistentnost rezultatov in zmanjšuje precejšnje pristranskost cenilke instrumentalne spremenljivke (ang. *instrumental variable estimator*), ki je značilna za primere z majhnim vzorcem.

Ključne spremenljivke, ki smo jih uporabili pri analizi, vključujejo velikost parcele v kvadratnih čevljih, velikost hiše v kvadratnih čevljih, število sob, število nadstropij, obstoj bazena ali kamina, starost bivališča, delež gospodinjstev z belim prebivalstvom na CBG, delež gospodinjstev pod pragom revščine na CBG, oddaljenost od ANAD, oddaljenost od voda (v kilometrih) in logaritem koncentracije svinca v prsti. Te spremenljivke smo povezali z nominalnimi prodajnimi cenami, zabeleženimi v mesečnem indeksu cen življenjskih potrebščin (ang. *Consumer Price Index*, v nadaljevanju: CPI) za manjša mesta v južnem delu ZDA, januar 2007 pa je bil izhodiščno obdobje (01/2007 = 100). Zaradi majhnih razlik v lokalnih privlačnostih (na primer en šolski okraj, en park in brez javnega prevoza) teh spremenljivk nismo vključili v hedonski model.

5 Ekonometrični model in diagnostično testiranje

Cena nepremičnine (sestavljena dobrina) je funkcija značilnosti objekta, sošeske in okolja ter vektor sferičnih motenj. Naš hedonski model je zato, da bi analizirali vpliv onesnaženja s svincem na vrednost nepremičnin v Annistonu, podrobneje opredeljen na podlagi te funkcije. V ekonometrič-

ni obliki je v modelu navedena enačba za izračun vrednosti nepremičnine (enačba 1).

$$\ln(\text{REALPRICE})_i = \beta_0 + \beta_1 (\text{LAND_AREA}) + \beta_2 (\text{TOTAL_SQUARE_FT})_i + \beta_3 (\text{ROOMS})_i + \beta_4 (\text{STORIES})_i + \beta_5 (\text{POOL})_i + \beta_6 (\text{FIREPLACE})_i + \beta_7 (\text{AGE})_i + \beta_8 (\text{WHITE_HH})_i + \beta_9 (\text{POOR_HH})_i + \beta_{10} (\text{DIST2INCIN})_i + \beta_{11} (\text{DIST2WATER})_i + \beta_{12} (\text{LEADMG})_i + u_i$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 4783$

Enačba 1: Hedonski model nepremičninskega trga v Annistonu

Odvisna spremenljivka je REALPRICE, ki pomeni USD-vrednost posamezne nepremičninske prodajne transakcije (podatki po CPI na posamezni ravni). S slike 3 je razvidno, da imata tako vektor cen nepremičnin kot tudi vektor velikosti parcel nesimetrično razporeditev. Da bi to težavo odpravili, smo spremenljivke preoblikovali z naravnim logaritmom in tako dobili normalno razporeditev (Wooldridge, 2006).

V splošnem se pričakuje, da značilnosti stanovanjskih objektov pozitivno vplivajo na vrednost nepremičnin. Te značilnosti so vključevale velikost parcele posamezne nepremičnine (LAND_AREA), skupno kvadrato hiše (TOTAL_SQUARE_FT), število sob (ROOMS), število nadstropij (STORIES), obstoj bazena (POOL) in/ali kamina (FIREPLACE) in starost stavbe (AGE). Lastnosti soseske so vključevale delež gospodinjstev z belim prebivalstvom (WHITE_HH) in delež gospodinjstev, ki živijo pod pragom revščine (POVERTY_HH). Okoljske značilnosti so nas v tej raziskavi še posebej zanimale. Vključevale so oddaljenost od vojaškega kemičnega skladišča v Annistonu v kilometrih (DIST2INCIN), ki smo jo vključili kot kontrolno spremenljivko, saj smo domnevali, da bo neposredna bližina sežigalnice znižala vrednost nepremičnin (na primer zaradi strahu pred morebitno nezgodo).

Preostale okoljske značilnosti pa so vključevale spremenljivke, ki se nanašajo na tveganje za izpostavljenost svincu in so bile za raziskavo tudi najpomembnejše. Koncentracija svinca (ki jo je EPA izmerila med testiranjem leta 2002 in je izražena v mg na kg prsti^[2]) na vsakem od zemljišč (LEADMG), preučevanih v tem modelu, vpliva na vrednost nepremičnine, saj se prebivalci želijo izogniti izpostavljenosti svincu. Oddaljenost od najbližjega vodnega telesa v metrih (DIST2WATER) je druga pomembna spremenljivka, povezana z izpostavljenostjo svincu. Vendar pa vpliv te spremenljivke ni zanesljiv. Potok, na primer, ima lahko estetsko vrednost, ki lahko vrednost nepremičnine poviša, hkrati pa je lahko vir morebitnega onesnaženja, kot se je to zgodilo v Annistonu.

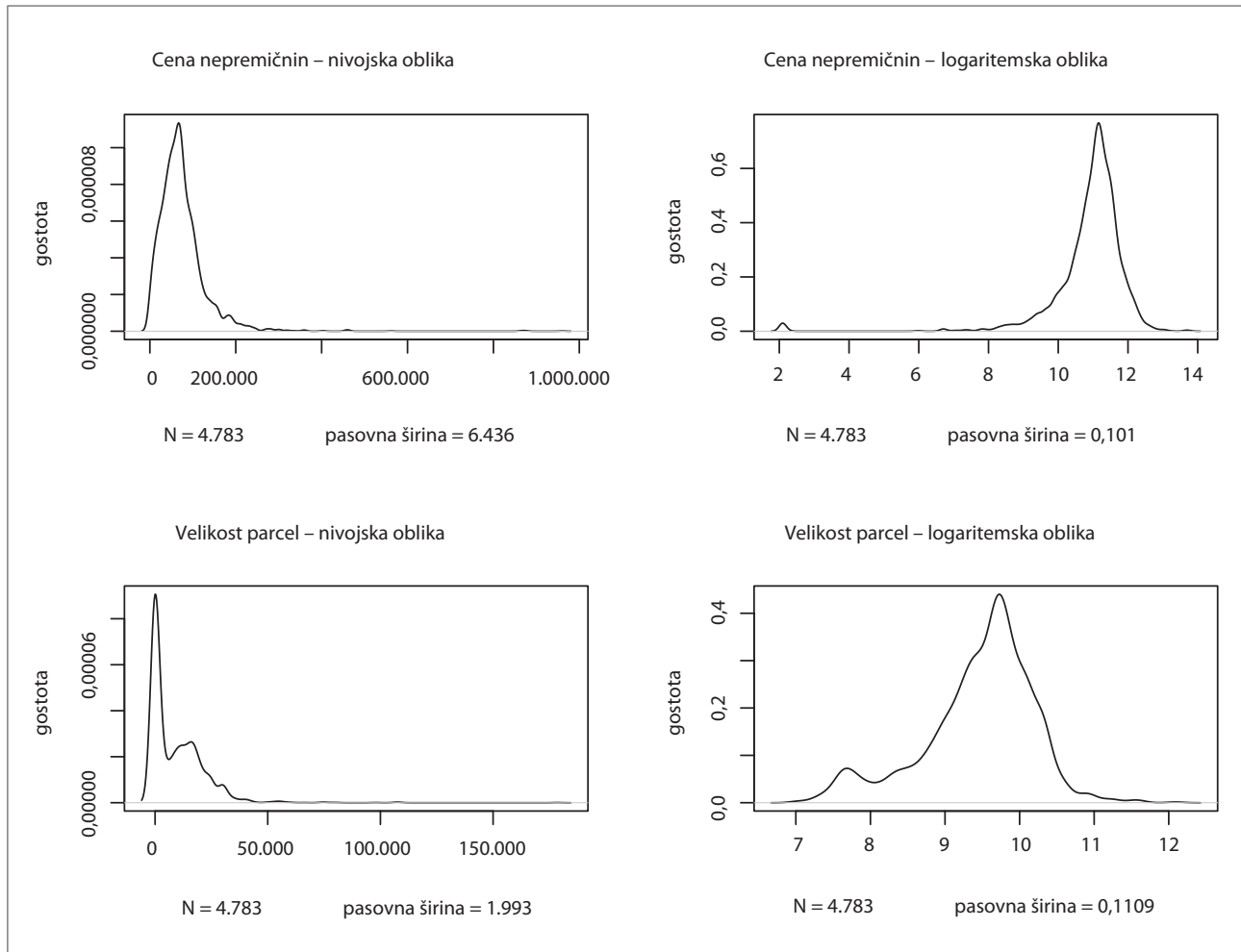
5.1 Test specifikacij modela

Spremenljivke, ki se uporabljajo v hedonskih modelih, običajno medsebojno pomembno variirajo. Zato smo modele testirali, da bi ugotovili njihovo multikolinearnost. Iz preglednice 2 so razvidni variančno-inflacijski dejavniki. Opazimo lahko, da so vse vrednosti manjše od pet, zato je raven multikolinearnosti med spremenljivkami sprejemljiva.

Ramseyjev test RESET (Ramsey, 1969) se običajno uporablja za testiranje ustreznosti specifikacij regresijskih enačb. Domneva pri alternativni hipotezi je, da naj bi model vključeval potence, večje od tistih v modelu pričakovanih rezultatov, regresorjev in prvega vodilnega elementa. Neobstoj teh izrazov, do česar lahko pride pri napačni specifikaciji, bi pomenil izpuščanje spremenljivk in zato pristranske rezultate. S standardnim F-test se ugotavlja, ali so dodatni izrazi v modelu skupno pomembni. Pri 5-odstotni ravni pomembnosti smo zavrnilo ničelno hipotezo, da je bil prvotni model specificiran^[3] pravilno. Številne kombinacije izrazov, ki smo jih kvadrirali in kubirali, in logaritemsko obliko regresorjev smo testirali, da

Preglednica 1: Opisna statistika spremenljivk

Spremenljivka	Povprečje	Standardni odklon	Minimum	Maksimum
REALPRICE	74.200	57.061	7,94	961.000
LAND_AREA	9.210	12.090	0	178.000
TOTAL_SQUARE_FT	1.520	501,8	504	9.500
ROOMS	6,35	1,51	1	16
STORIES	1,22	0,43	1	10
POOL (umetna spremenljivka)	8,22 %			
FIREPLACE (umetna spremenljivka)	60,80 %			
AGE	36	21,06	2	145
WHITE_HH	84	20,72	0	100
POOR_HH	9,52	5,88	5,36	27,60
DIST2INCIN	15.900	4.366	4.970	29.900
DIST2WATER	183	130	0	702
LEADMG	54,90	86,46	0	398



Slika 3: Razporeditev cen nepremičnin in velikost parcel v Annistonu

bi ugotovili skupno statistično pomembnost. Končna, pravilna oblika je prikazana v enačbi 2.

$$\ln(\text{REALPRICE})_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{LAND_AREA}) + \beta_2 (\text{TOTAL_SQUARE_FT})_i + \beta_3 (\text{TOTAL_SQUARE_FT})_i^2 + \beta_4 (\text{ROOMS})_i + \beta_5 (\text{STORIES})_i + \beta_6 (\text{POOL})_i + \beta_7 (\text{FIREPLACE})_i + \beta_8 (\text{AGE})_i + \beta_9 (\text{WHITE_HH})_i + \beta_{10} (\text{POOR_HH})_i + \beta_{11} (\text{DIST2INCIN})_i + \beta_{12} (\text{DIST2WATER})_i + \beta_{13} \ln(\text{LEADMG})_i + u_i$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 4783$

Enačba 2: Hedonski model, ki vključuje kvadrirane izraze

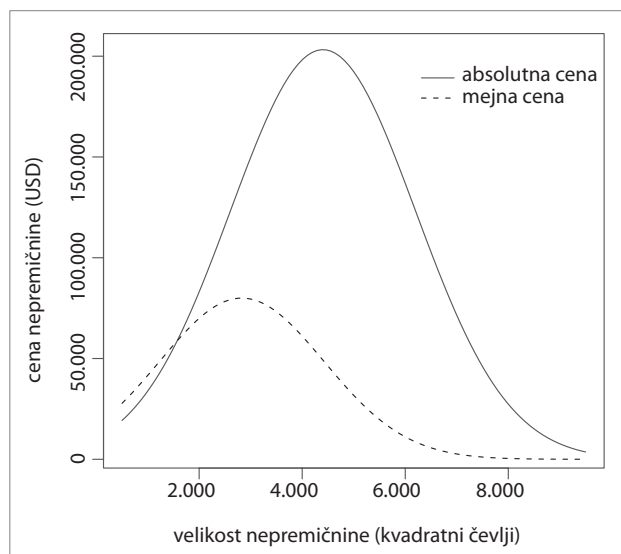
Za kvadrirano spremenljivko ROOMS se je izkazalo, da v nasprotju z našimi pričakovanji, ki so temeljila na drugih hedonskih modelih vrednosti nepremičnin, za ta specifični model ni bila pomembna (Wooldridge, 2006). Velikost hiše je z logaritmom cene v kvadratnem razmerju, saj je kvadrat spremenljivke TOTAL_SQUARE_FT pomemben na ravni 1 %. Slika 4 prikazuje kvadratno razmerje med vrednostjo nepremičnin in velikostjo stanovanjskega objekta v Annistonu, kadar na odločitve potrošnikov ne vplivajo druge lastnosti^[4].

Črtkana črta pa prikazuje nelinearno razmerje med vrednostjo nepremičnin in velikostjo hiš v Annistonu, kadar na odločitve potrošnikov vplivajo druge lastnosti^[5].

Breusch-Paganov test heteroskedastičnosti smo uporabili pri modelu, predstavljenem v enačbi 2, ničelno hipotezo homo-

Preglednica 2: Variančno-inflacijski dejavniki

Spremenljivke	VIF(β_i)
LAND_AREA	1,252
TOTAL_SQUARE_FT	1,573
ROOMS	1,677
STORIES	1,406
POOL	1,086
FIREPLACE	1,326
AGE	1,924
WHITE_HH	2,116
POOR_HH	2,613
DIST2INCIN	1,333
DIST2WATER	1,027
LEADMG	1,351



Opomba: 1.000 kvadratnih čevljev = ~ 93 m²

Slika 4: Razmerje med ceno in velikostjo nepremičnin v Annistonu

skedastičnosti pa smo zavrnil^[6]. Enako determinacijo smo grafično prikazali na sliki 5.

Test obteženega najmanjšega kvadrata smo uporabili kot nepristransko cenilko s heteroskedastičnim popravkom. Postopek,

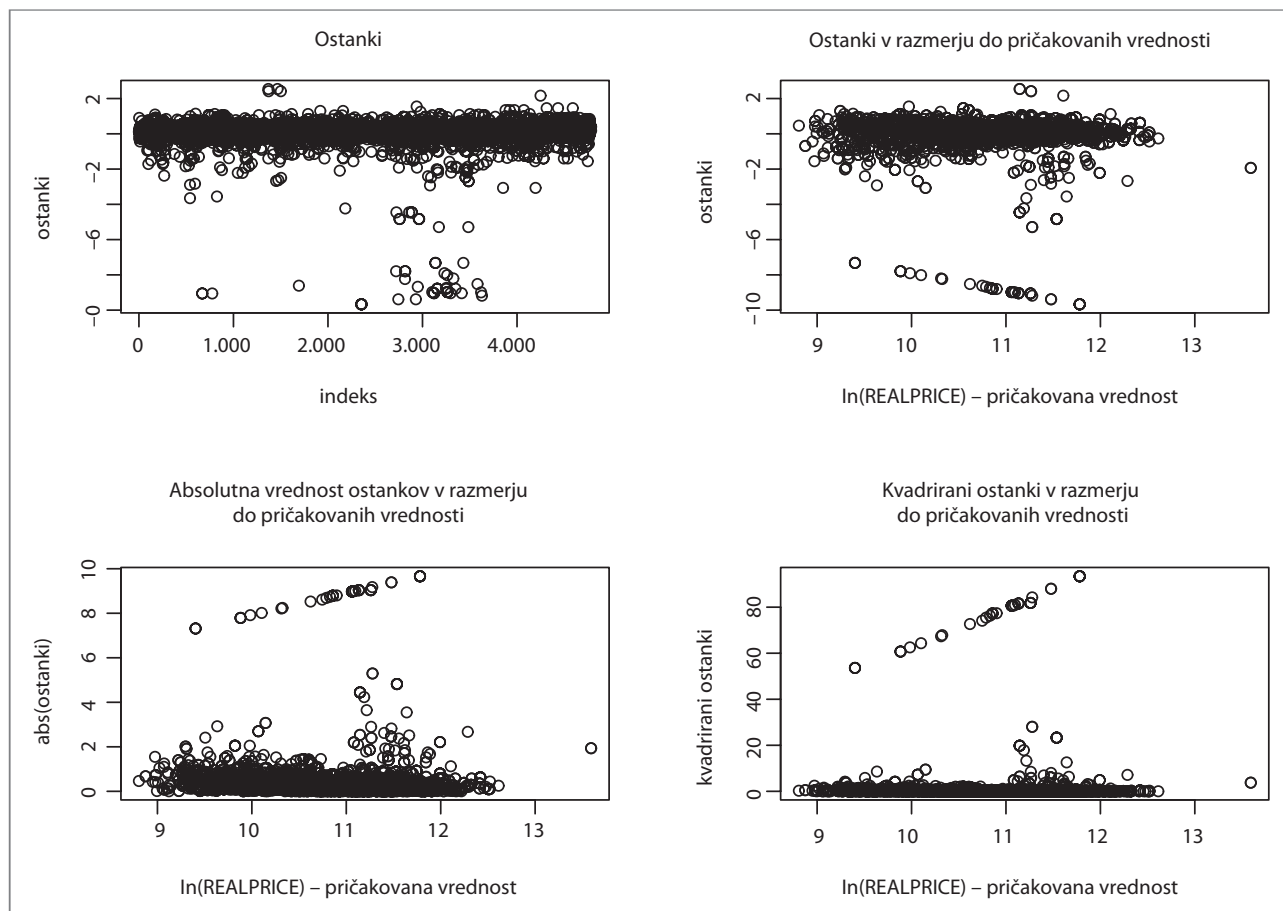
s katerim lahko popravimo heteroskedastičnost, je predlagal Wooldridge (2006). Potem ko smo izvedli regresijo za enačbo 2, smo ostanke (\hat{u}) shranili in kvadrirali ter na koncu izračunali naravni logaritem dobljenega rezultata. To spremenljivko smo v regresijskem modelu, zapisanem v enačbi 3, poimenovali $G = \ln(\hat{u}^2)$.

$$G_i = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{LAND_AREA}) + \beta_2 (\text{TOTAL_SQUARE_FT})_i + \beta_3 (\text{TOTAL_SQUARE_FT})_i^2 + \beta_4 (\text{ROOMS})_i + \beta_5 (\text{STORIES})_i + \beta_6 (\text{POOL})_i + \beta_7 (\text{FIREPLACE})_i + \beta_8 (\text{AGE})_i + \beta_9 (\text{WHITE_HH})_i + \beta_{10} (\text{POOR_HH})_i + \beta_{11} (\text{DIST2INCIN})_i + \beta_{12} (\text{DIST2WATER})_i + \beta_{13} \ln(\text{LEADMG})_i + u_i$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 4783$

Enačba 3: Pomožna regresija obteženega najmanjšega kvadrata

Pričakovane vrednosti enačbe 3 smo potencirali in dobili $H = \exp(\hat{G})$, teža, ki smo jo uporabili za izračun grobih cenilk, pa je bila $W = 1/H$. Model v enačbi 2 smo prav tako testirali za endogenost in ugotovili, da se spremenljivka DIST2WATER pomembno povezuje z odklonskim izrazom u , zaradi česa smo morali uporabiti metodo dvostopenjskih najmanjših kvadratov (2SLS). Mogoči spremenljivki



Slika 5: Varianca odklonov

Preglednica 3: Rezultati

Spremenljivka	Model WLS	Model 2SLS
velikost parcele	0,005* (0,002)	0,005* (0,002)
velikost hiše	1,201‡ (0,140)	1,108‡ (0,133)
velikost hiše ²	-0,225‡ (0,038)	-0,196‡ (0,137)
število sob	0,074‡ (0,009)	0,062‡ (0,009)
število nadstropij	0,356‡ (0,039)	0,350‡ (0,037)
bazen	0,149‡ (0,035)	0,105‡ (0,037)
kamin	0,005 (0,025)	(0,002) (0,023)
starost	-0,009‡ (0,001)	-0,012‡ (0,001)
gospodinjstva z belim prebivalstvom	0,002† (0,001)	0,004‡ (0,001)
revna gospodinjstva	-0,030‡ (0,005)	-0,200‡ (0,005)
oddaljenost od ANAD (sežigalnice)	0,008‡ (0,003)	0,020‡ (0,004)
oddaljenost od vodnih teles	-0,172‡ (0,085)	-3,640‡ (0,727)
Pb ⁺⁺ (koncentracija svinca)	-0,005 (0,008)	-0,116† (0,051)
interakcija med svincem in vodo (svinčena voda)	/	0,739‡ (0,269)
preseki	9,059	9,469
R ²	0,247	0,269
prilagojeni R ²	0,245	0,267
opazovanja	4.783	4.783
F-statistika	120	125
stopnje svobode	4.769	4.768

Opombe: ‡ raven pomembnosti 1 %, † raven pomembnosti 5 %, * raven pomembnosti 10 %; odvisna spremenljivka je ln(Cena); standardni odkloni so zapisani v oklepajih; TOTAL_SQUARE_FT je izražena v tisočih kvadratnega čevlja, WHITE_HH in POVERTY_HH sta izraženi v deležih; DIST2INCIN in DIST2WATER (na primer od manjših jezer in odprtih strug) sta izraženi v km in prikazujeta semielastičnosti cene in oddaljenosti; LEADMG je izražena v logaritmski obliki; interakcija med svincem in vodo pa je zabeležena le za dvostopenjski postopek.

za DIST2WATER sta bili eksogeni spremenljivki LON in LAT (zemljepisna dolžina in širina posameznega zemljišča). LON1 in LAT1 imata te značilnosti: $Cov(LON,u) = 0$, $Cov(LAT,u) = 0$, $Cov(LON,DIST2WATER) \neq 0$ in $Cov(LAT,DIST2WATER) \neq 0$. Te lastnosti kažejo, da sta spremenljivki primerni. Z drugimi besedami, ko kupec iz neznanega razloga kupi nepremičnino na natančno določeni lokaciji v Annistonu, njegova odločitev za nakup ni povezana z dogovorjeno prodajno ceno prodajalca. V nasprotju s tem pa se lahko nekdo odloči za nakup v središču Annistona ali vzhodnem delu mesta zaradi estetske vrednosti bližnjega vodnega telesa in njegovega vpliva na prodajno ceno.

Model 2SLS smo izvedli tako, da smo regresijo endogenih spremenljivk uporabili na eksogenih spremenljivkah iz reducirane oblike enačbe (enačba 4).

$$DIST2WATER_i^* = \pi_0 + \pi_1 (LAND_AREA)_i + \pi_2 (TOTAL_SQUARE_FT)_i + \pi_3 (TOTAL_SQUARE_FT)_i^2 + \pi_4 (ROOMS)_i + \pi_5 (STORIES)_i + \pi_6 (POOL)_i + \pi_7 (FIREPLACE)_i + \pi_8 (AGE)_i + \pi_9 (WHITE_HH)_i + \pi_{10} (POOR_HH)_i + \pi_{11} (DIST2INCIN)_i + \pi_{12} \ln(LEADMG)_i + \pi_{13} (LON) + \pi_{14} (LAT) + \varepsilon_i$$

$i = 1, 2, 3, \dots, 4783$

Enačba 4: Reducirana oblika prve stopnje najmanjšega kvadrata

S standardnim F-testom smo testirali $H_0: \pi_{13} = \pi_{14} = 0$ proti π_{13} or $\pi_{14} \neq 0$.^[7] Izraz za ostanek ϵ smo dodali strukturni enačbi 2, da bi lahko izvedli Hausmanov test, ki kaže, da je odgovarjajoča krivulja ϵ enaka 134,17 (pomembno na ravni 1 %). S pričakovano vrednostjo DIST2WATER* iz enačbe 4 smo v strukturni enačbi 2 nadomestili endogeno spremenljivko DIST2WATER, zato da bi dobili 2SLS. Heteroskedastičnost smo pri modelu 2SLS popravili po enakem postopku, po katerem smo izračunali grob navaden najmanjši kvadrat (OLS).

6 Rezultati

V preglednici 3 so povzeti rezultati raziskave. S standardnim F-testom smo potrdili skupno pomembnost svinca in vode^[8]. Zdi se, da je tudi število nadstropij v tem modelu ekonomsko pomembno, saj so bili kupci pripravljani plačati tudi do 35 % več za hišo z dvema nadstropjema. Lokacija, za kilometer bližja ANAD, pa je povzročila 2-odstotni padec dejanske tržne cene. Marginalno zmanjšanje vrednosti nepremičnin na podlagi oddaljenosti od ANAD je tako znašalo približno 1.484 USD na kilometer.

Okoljski spremenljivki DIST2INCIN in LEADMG, na kateri se osredotočamo v raziskavi, sta pomembni na ravni 1 % oziroma 5 %. Čista korist na gospodinjstvo kot posledica očiščenja s svincem onesnaženih območij bi znašala 1.140 USD. Do tega zneska smo prišli s simulacijo v modelu 2SLS, pri čemer smo spremenljivko LEADMG in interakcijo med svincem in vodo nastavili na 0. Zanimivo je, da lahko na kvalitativni ravni, saj z ekonomskega vidika rezultat ni pomemben, opazimo pozitivno razmerje med vrednostjo nepremičnin in spremenljivko DIST2WATER. To se sklada z estetsko vrednostjo vodnih teles, ki je v Alabami zanimiv predmet razprav na področju ekonomije naravnih virov. Preglednica 3 prav tako prikazuje interakcijo med vodo in svincem (vodna telesa ob prsti, onesnaženi s svincem). Smer vektorjev (vrednost nepremičnin in DIST2WATER) potrjuje željo kupcev po nakupu prebivališča, čim bolj oddaljenega od vodnih virov, ki so morda rahlo onesnaženi s svincem, saj je za to področje značilen kisel dež, ki ustvari optimalne pogoje za onesnaženje vodnih teles s svincem. Na žalost dodatne informacije o čistosti vodnih teles niso bile na voljo, razen informacij, ki sta jih pridobila EPA in komunalno podjetje Waterworks v Annistonu.

7 Sklep

Članek preučuje vpliv onesnaženosti s svincem na vrednost nepremičnin v Annistonu, mestu ameriški zvezni državi Alabami. Ponuja tudi dodaten oziroma razširjen primer uporabe hedonskega modeliranja v okviru okoljske ekonomije. Poleg tržnih podatkov, ki smo jih uporabili v raziskavi, bi lahko analizo izboljšali tako, da bi vključili dodatne podatke, ki bi jih na podlagi vprašalnikov pridobili neposredno od lokalnega

prebivalstva. To bi nam pomagalo razumeti, kako prebivalci dojemajo zdravstveno tveganje, povezano z bližino vojaške sežigalnice, in stanje lokalnega ekosistema. V raziskavi nas je še posebej zanimala potrditev endogenosti med razlagalnimi spremenljivkami. Izsledki so se skladali z ugotovitvami drugih avtorjev, kot so David M. Brasington in Diane Hite (2008) ter Patrick Bayer idr. (2009).

Iz izsledkov raziskave je razvidno, da zaradi bližine sežigalnice vrednost nepremičnin pada za 2 % na kilometer; ta številka se sklada z izsledki, do katerih je prišel tudi Hanna (2005). Najpomembnejša ugotovitev, do katere smo prišli, je, da bi očiščenje s svincem onesnaženih območij gospodinjstvom prineslo korist v vrednosti 1.140 USD na gospodinjstvo. Vpliv onesnaženosti s svincem na vrednost nepremičnin v Annistonu znaša z denarnega vidika morda manj kot 12 milijonov USD, kolikor je od leta 2002 za čiščenje s svincem onesnaženih območij dodatno porabila EPA. Vendar pa koristi čiščenja v smislu vrednosti nepremičnin ne zajemajo morebitnih postranskih koristi, kot so manjši stroški zdravstvenega sistema, preprečevanje zmanjšane produktivnosti delovne sile zaradi obolenosti, zmanjšane mentalne sposobnosti prizadetih in povečani davčni prihodki na lokalni ravni. Smiselno je sklepati, da poleg osebnih koristi, ki jih imajo lastniki nepremičnin, skupne koristi čiščenja presegajo njegove stroške.

.....
Ermanno Affuso
Auburn University, College of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, Auburn, Alabama, Združene države Amerike
E-pošta: ermanno@auburn.edu

Christophe Vincent de Parisot
Global Alliance for Improved Nutrition, Ženeva, Švica

Chau-Sa Ho
Ohio State University, Center for Human Resource Research, Columbus, Ohio, Združene države Amerike

Diane Hite
Auburn University, College of Agriculture, Department of Agricultural Economics and Rural Sociology, Auburn, Alabama, Združene države Amerike

Opombe

^[1] $\text{LnBlood} = 0,0390 + 0,1388(\text{LnSoil}) + 0,1210(\text{LnDust}) + 0,1715(\text{Income}) + 0,1666(\text{Education}) + 0,0826(\text{Sex}) + 0,1139(\text{Smoke}) + 0,1581(\text{AirConditioning})$, prilagojeni $R^2 = 0,2394$

^[2] 1 mg/kg = 1 ppm (delec na milijon)

^[3] RESET = 16,32, df1 = 12, df2 = 4.758, p-vrednost $< 2,2 \times 10^{-16}$

^[4] $\text{REALPRICE} = \exp[1,365(\text{TOTAL_SQUARE_FT}) - 0,155(\text{TOTAL_SQUARE_FT})^2 + 9,217]$

^[5] $\text{REALPRICE} = \exp[1,108(\text{TOTAL_SQUARE_FT}) - 0,196(\text{TOTAL_SQUARE_FT})^2 + 9,722]$

^[6] BP = 59,46, df = 13, p-vrednost = $6,57 \times 10^{-8}$

^[7] 2 omejitvi, 4.768 stopenj svobode, F = 40, p-vrednost $< 2 \times 10^{-16}$

^[8] 2 omejitvi, 4.768 stopenj svobode, F = 10,6, p-vrednost = $6,7 \times 10^{-7}$

Viri in literatura

Agencija za zaščito okolja (2005): *Toxic release inventory*. Washington, D. C.

Agencija za zaščito okolja (2006): *Response to public comments on EPA CERCLA Section 122 Administrative agreement and order on consent for removal action, US EPA Region 4, Docket No.: CERCLA-04-2005-3577*. Atlanta.

Agencija za zaščito okolja (2009): *Lead and compounds (inorganic) (CASRN 7439-92-1)*. Dostopno na: <http://www.epa.gov/NCEA/iris/subst/0277.htm> (sneto 3. 10. 2010).

Anstine, J. (2003): Property values in a low populated area when dual noxious facilities are present. *Growth and Change*, 34(3), str. 345–358. DOI: 10.1111/1468-2257.00222

Bayer, P., Keohane, N., in Timmins, C. (2009): Migration and hedonic valuation: The case of air quality. *Journal of Environmental Economics and Management*, 58(1), str. 1–14. DOI: 10.1016/j.jeem.2008.08.004

Brasington, D. M., in Hite, D. (2008): A mixed index approach to identifying hedonic price models. *Regional Science and Urban Economics*, 38(3), str. 271–284. DOI: 10.1016/j.regsciurbeco.2008.03.002

Centri za nadzor in preprečevanje bolezni (2009): Children with elevated blood lead levels related to home renovation, repair, and painting activities – New York State, 2006–2007. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 58(3), 30. 1. 2009, str. 55–57.

De Parisot, C. V. (2007): *Property value impacts and risks perceptions: A hedonic analysis of Anniston, Alabama*. Magistrsko delo. Auburn, Auburn University, College of Agriculture.

Duffus, J. H. (2002): "Heavy Metals" – A meaningless term? *Pure and Applied Chemistry*, 74(5), str. 793–807. DOI: 10.1351/pac200274050793

Hanna, B. G. (2007): House values, incomes, and industrial pollution. *Journal of Environmental Economics and Management*, 54(1), str. 100–112. DOI: 10.1016/j.jeem.2006.11.003

Hansen, D. A., in Hidy, G. M. (1982): Review of questions regarding rain acidity data. *Atmospheric Environment*, 16(9), str. 2107–2126. DOI: 10.1016/0004-6981(82)90282-7

Hite, D., Chern, W., Hitzhusen, F., in Randall, A. (2000): *Property value impacts of an environmental disamenity: The case of landfills*. Dostopno na: <http://ssrn.com/abstract=290292> (sneto 3. 10. 2010).

Ho, C., in Hite, D. (2008): The benefit of environmental improvement in the southeastern United States: Evidence from a simultaneous model of cancer mortality, toxic chemical releases and house values. *Papers in Regional Science*, 87(4), str. 589–604. DOI: 10.1111/j.1435-5957.2008.00179.x

Lewin, M. D., Sarasua, S., in Jones, P. A. (1999): A multivariate linear regression model for predicting children's blood lead levels based on soil lead levels: A study at four Superfund sites. *Environmental Research*, 81(1), str. 52–61. DOI: 10.1006/enrs.1998.3952

Neupane, A., in Gustavson, K. (2008): Urban property values and contaminated sites: A hedonic analysis of Sydney, Nova Scotia. *Journal of Environmental Management*, 88(4), str. 1212–1220. DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.06.006

Okraj Calhoun, Alabama (2005): *Mapping of property*. Anniston, Alabama.

Ramsey, J. B. (1969): Tests for specification errors in classical linear least-squares regression analysis. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, 31(2), str. 350–371.

Raziskovalni center Pew za zvezne države (2010): *Cutting lead poisoning and public costs*. Dostopno na: http://www.pewcenteronthestates.org/uploadedFiles/Costs_of_Lead_Poisoning_Brief.pdf (sneto 3. 10. 2010).

Rosen, S. (1974): Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *The Journal of Political Economy*, 82(1), str. 34–55. DOI: 10.1086/260169

Wooldridge, J. M. (2006): *Introductory econometrics: A modern approach*. Mason, Ohio, South-Western Cengage Learning.

Yusuf, A. A., in Resosudarmo, B. P. (2008): Does clean air matter in developing countries' megacities? A hedonic price analysis of the Jakarta housing market, Indonesia. *Journal of Ecological Economics*, 68(5), str. 1398–1407. DOI: 10.1016/j.jecolecon.2008.09.011