



„ЕУ за бољу животну средину“

Пројекат

РАЗВОЈ ОКВИРА ЗА УСКЛАЂИВАЊЕ СА ЗАКОНОДАВСТВОМ ЕУ У ОБЛАСТИ ВАЗДУХА, ХЕМИКАЛИЈА И ХОРИЗОНТАЛНИХ ПИТАЊА

(EuropeAid/138598/IH/SER/RS)

Процена утицаја на здравље и односа трошкова и користи

Приступ и резултати за Србију

27. август 2021. године



Republic of Serbia
Ministry of Environmental Protection
Ministry of Finance
Department for Contracting and Financing
of EU Funded Programmes

This project is funded by
the European Union



АУТОР:

Симон Шухт, виши експерт

(Текст одобрио Лоренс Руи, *Ineris*)

Одрицање од одговорности

Мишљења из овог документа одражавају ставове аутора и не представљају обавезно ставове Европке уније или друге организације поменуте у документу.

Project implemented by the Consortium





Republic of Serbia
Ministry of Environmental Protection
Ministry of Finance
Department for Contracting and Financing
of EU Funded Programmes

This project is funded by
the European Union



Садржај

1. Приступ у процени утицаја на здравље	1
1.1 Приступ кретања утицаја – израчунавање примењених корака и модела	1
1.2 Модел <i>Alpha-RiskPoll (ARP)</i>	2
1.2.1 Квантификација утицаја на здравље	3
1.2.2 Монетаризација утицаја на здравље	7
2. Приступ у анализи трошкова и користи.....	11
3. Резултати	12
3.1 Улазни подаци из <i>CHIMERE</i>	12
3.2 Штета и корист по здравље	12
3.2.1 Утицаји морталитета и морбидитета	12
3.2.2 Укупна штета по здравље	16
3.3 Анализа трошкова и користи	17
4. Библиографија	21



Republic of Serbia
Ministry of Environmental Protection
Ministry of Finance
Department for Contracting and Financing
of EU Funded Programmes

This project is funded by
the European Union



Списак скраћеница

Скраћеница	Значење
ARP	<i>Alpha-RiskPoll</i>
CEPCI	Индекс трошкова за постројења за хемијски инжењеринг
ЕК	Европска комисија
ЕАЖС	Европска агенција за животну средину
ЕУ	Европска унија
БДП	Бруто домаћи производ
HICP	Хармонизовани индекс потрошачких цена
IASA	Међународни институт за анализу примењених система
ВКА	Вишекритеријумске анализе
NEC	Националне границе емисија
NO₂	Азот-диоксид
O₃	Озон
PM₁₀	Суспендоване честице промера 10 микрометара или мање
PM_{2.5}	Суспендоване честице промера 2,5 микрометара или мање
REF	Референтни сценарио
SO₂	Сумпор-диоксид
UN/ECE	Економска комисија УН за Европу
UN WPP	Статистика УН о стању светске популације
VOLY	Вредновање живота на годишњем нивоу
VSL	Вредновање статистичког живота
WAM	Са додатним мерама
WEM	Са постојећим мерама
СЗО	Светска здравствена организација
WTP	Спремност за плаћање
YOLL	Изгубљене године животног века

Project implemented by the Consortium



1. Приступ у процени утицаја на здравље

1.1 Приступ кретања утицаја – израчунавање примењених корака и модела

Анализа утицаја загађења ваздуха на здравље извршена у оквиру овог пројекта заснована је на тзв. приступу кретања утицаја, приказаном на Слика 1. Слика приказује логично кретање емисија, почев од процене, преко изложености и квантификације утицаја, и на крају до монетаризације.



Слика 1: Приступ у квантификацији и монетаризацији утицаја загађења ваздуха на здравље

Анализа утицаја на здравље полази од информација о нивоима емисија примарног загађења ваздуха из различитих сценарија за Србију: референтног сценарија из 2015. године (REF), који представља основни сценарио у односу на 2030. годину, за коју је пројектован сценарио стања уз примену постојећих прописа (WEM 2030) и три сценарија ублажавања WAM A, WAM B и WAM C.

Просторну поделу емисија извршио је Универзитет из Србије, партнер на пројекту. Просторно подељене емисије користе се као улазне за CHIMERE модел преноса хемикалија, којим се врши израчунавање ширења гасовитих и прашкастих загађујућих материја и њихове хемијске промене у атмосфери. Количине емисија одговарају пуној метеоролошкој години. Примена овог модела омогућава квантификацију концентрација загађујућих материја у животној средини и секундарних загађујућих материја које настају услед хемијских и фотохемијских реакција у атмосфери, као што су озон или секундарни аеросоли¹.

Области симулације концентрација загађујућих материја помоћу модела CHIMERE затим су преклопљене са густином насељености у свакој од мрежа, што је омогућило израчунавање

¹ Секундарне загађујуће материје се по дефиницији не уносе у инвентаре емисија



просечне изложености становништва емисијама $PM_{2.5}$, O_3 и NO_2 . Излагање представља улазни податак за модел *Alpha-RiskPoll* (*ARP*, в. у наставку) за квантификацију и монетаризацију утицаја на здравље. У овом моделу, утицаји загађења ваздуха на здравље израчунавају се применом функција концентрације и реакције. Множењем утицаја на здравље вредношћу њихове монетарне јединице, моделираним утицајима на здравље приписује се монетарна вредност.

У оквиру овог пројекта, поређење основног сценарија (*WEM*) са сценаријима за смањење емисија *WAM A*, *WAM B* и *WAM C*, омогућило је израчунавање оних утицаја на здравље који су избегнути захваљујући примени мера за смањење загађења ваздуха у сваком од сценарија, па самим тим и квантификацију користи по здравље од реализације мера, и њихово изражавање у новчаним вредностима у циљној години истраживања (2030.).

1.2 Модел *Alpha-RiskPoll* (*ARP*)

Применом алата *ARP* за процену утицаја на здравље (*Holland et al., 2013* и *2014b*, *Schucht et al., 2015*) примењују се методе анализе првобитно развијене у оквиру пројекта *ExternE* (*External cost of Energy*²), којег је деведесетих година прошлог века финансирала Европска комисија. Ове методе се од касних деведесетих примењују на анализе трошкова и користи политика које предлаже Европска комисија и Економска комисија УН за Европу, а нарочито за утврђивање циљева смањења емисија из Гетеборшког протокола уз Конвенцију Економске комисије УН за Европу о ваздуху и циљева Директиве ЕУ о националним граничним вредностима емисије. (*NEC/2016/2284/EU*). Оне су прошле неколико ревизија (*Krupnick et al., 2005; WHO, 2013*). Методологију су документовали Холанд и сарадници (*Holland et al. 2005 a, b и c; 2011*), Харли и сарадници (*Hurley et al. 2005*), као и други наведени у претходном тексту. У овом истраживању смо применили последњу ажурирану методологију, коју су описали Холанд (*Holland 2014b*), Аман и сарадници (*Amann et al. 2020a and b*) и Шухт и сарадници (*Schucht et al. 2020*).

Методолошки избори примењени у оквиру *ARP* крећу од функције изложености и реакције који се повезују са нивоима изложености загађујућим материјама, преко специфичних утицаја на здравље (в. Табела 3), и до новчаних показатеља и њихових стварних вредности (в. Табела 4 и Табела 6).

Претпоставке о броју становника у Србији по старосним групама, које су узете у обзир приликом рачунања утицаја на здравље, приказане су у Табели 1. Ови подаци преузети су из статистике УН и кретањима светске популације (*UN WPP*) из 2019. године (<https://population.un.org/wpp/>). Како се сценарији емисија пореде са 2030. годином, подаци о броју становника представљени су за ову годину (средња процењена вредност пројекција *UN WPP*).

² http://www.externe.info/externe_d7/



Табела 1: Број становника у Србији 2030. године

Број становника (у хиљадама)									
Година	>27 година	15-64 година	<15 година	>14 година	>64 година	18-64 година	Укупан број становника	>20 година	5-14 година
2015	4867	4738	1145	6021	1301	4488	7084	5518	797
2013	4665	4163	905	5590	1440	3964	6429	5188	623

Подаци о mortalитету преузети су из UN WPP и базе података Eurostat-a (<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tps00029/default/table?lang=en>). EUROSTAT располаже само подацима који се односе на минуле године, док UN WPP садржи прогнозе прираста и mortalитета. UN WPP садржи податке о mortalитету за Србију са Косовом, док EUROSTAT одваја податке о Косову. Према EUROSTAT-у, mortalитет у Србији (без Косова) је 2015. године износио око 95 хиљаа преминулих. Израчунавањем односа података Eurostat-a о mortalитету за Србију без Косова за 2015. годину и података UN WPP за Србију са Косовом, а применивши податке из UN WPP на 2030. годину, добија се процењена вредност за Србију без Косова 2030. године. Исти приступ је примењен и приликом процене mortalитета код новорођенчади. Ти подаци приказатни су у Табела 2 за 2015. и 2030. годину.

Табела 2 : Број смртних случајева у Србији 2015. и 2030. године

Број смртних случајева (у хиљадама)		
Година	Број смртних случајева	Смртност код новорођенчади
2015	95.475	0.08
2030	89.754	0.04

1.2.1 Квантификација утицаја на здравље

У Табела 3 сумарно су приказани индикатори здравља који су узети у обзир у овом истраживању (у заградама су дате старосне групе становништва за које су развијене функције концентрација и реакције и за које су израчунати одговарајући утицаји на здравље), јединице утицаја, загађујућа материја која је извор утицаја, примењене функције концентрације и реакције, и коришћена литература.

Квантификација утицаја на здравље специфична је за старосне групе за које су на основу епидемиолошких истраживања развијене функције изложености и реакције. Неки индикатори утицаја на здравље посебно су израчунати за осетљивије групе становништва, као што су деца и старији.

Овде квантификовани утицаји на здравље укључују хроничне и акутне утицаје изложености становништва концентрацијама суспендованих материја (PM_{2.5}), тропосферском озону (O₃) и азот-диоксиду (NO₂), у смислу морбидитета и mortalитета. Утицаји се квалификују као акутни када одржавају повећање изложености током неколико дана (нпр. број пријема у болницу), а као хронични када одражавају изложености у дужем периоду, некада и током целог живота (нпр.



морталитет). Утицаји су за Србију квантификовани кроз индикаторе утицаја на здравље из Табела 3.

Хронични морталитет који је последица загађења ваздуха може се изразити или као године изгубљеног живота (скраћени животни век), или као број превремених смртних случајева. Као и у европским истраживањима (*Holland et al., 2014a; Amann et al., 2020 a and b; Schucht et al., 2020*), и овде се користе алтернативни индикатори, а резултати се представљају и за једне, и за друге. Подаци о учесталости индикатора морбидитета (број пријема у болницу, стопа оболелих од хроничног бронхитиса, и слично) преузети су из Холандових истраживања (*Holland 2014a*).

У складу са препорукама СЗО, здравствени индикатори за суспендоване честице односе се на масене концентрације $PM_{2.5}$ или PM_{10} , без обзира на извор и хемијски састав. Чињеница је да са оволико актуелног знања о њима, прецизна квантификација утицаја појединачних хемијских састојака честице тренутно није могућа (*Miller et al., 2011; WHO, 2013*).



Табела 3: Индикатори утицаја на здравље са функцијама реакције и изворима из литературе

ИНДИКАТОР	УТИЦАЈ	ЗАГАЂУЈУЋА МАТЕРИЈА	РИЗИЦИ	ИЗВОР ЗА ФУНКЦИЈУ РЕАКЦИЈЕ
Акутни морталитет (све старосне групе)	Превремене смрти	O ₃	1.0029, 95%CI 1.0014 до 1.0043 на 10 µg.m-3	<i>Katsouyanni et al., 2009</i>
Пријем у болницу због респираторних проблема (>64)	Случајеви		1.0044, 95%CI 1.0007 до 1.0083 на 10 µg.m-3	
Пријем у болницу због кардиоваскуларних проблема (>64)	Случајеви		1.0089, 95%CI 1.0050 до 1.0127 на 10 µg.m-3	
Број дана благе спречености за рад (све старосне групе)	Дани		1.0154, 95%CI 1.0060 до 1.0249 на 10 µg.m-3	<i>Ostro and Rothschild, 1989</i>
Хронични морталитет (све старосне групе(*)) YOLL	Изгубљене године живота	PM _{2.5}	1.062, 95%CI 1.040 до 1.083 на 10 µg.m-3	<i>Hoek et al., 2013</i>
Хронични морталитет (30 +)	Превремене смрти	PM _{2.5}	1.062, 95%CI 1.040 до 1.083 на 10 µg.m-3	
Морталитет код новорођенчади (1 месец – 1 године)	Превремене смрти	PM ₁₀	1.04, 95%CI 1.02 to 1.07 на 10 µg.m-3	<i>Woodruff et al., 1997</i>
Хронични бронхитис (27+)	Случајеви	PM ₁₀	1.117, 95%CI 1.040 до 1.189 на 10 µg.m-3	<i>Abbey et al., 1995a, b, Schindler et al., 2009</i>
Бронхитис код деце од 6 до 12 година	Додати случајеви	PM ₁₀	1.08, 95%CI 0.98 до 1.19 на 10 µg.m-3	<i>Hoek et al., 2012</i>
Пријем у болницу због респираторних проблема (све старосне групе)	Случајеви	PM _{2.5}	1.019, 95%CI 0.9982 до 1.0402 на 10 µg.m-3	<i>APED study, 2000-2009 (***)</i>
Пријем у болницу због кардиоваскуларних проблема (све старосне групе)	Случајеви	PM _{2.5}	1.0091. 95%CI 1.0017 до 1.0166 на 10 µg.m-3	
Број дана спречености за рад (све старосне групе)	Дани	PM _{2.5}	1.047, 95%CI 1.042 до 1.053 на 10 µg.m-3	<i>Ostro, 1987</i>
Број дана са симптомима астме (деца од 5 до 19 година)	Дани	PM ₁₀	1.028, 95%CI 1.006 до 1.051 на 10 µg.m-3	<i>Weinmayr et al., 2010</i>
Изгубљени радни дани (од 15 до 64 године)	Дани	PM _{2.5}	1.046, 95%CI 1.039 до 1.053 на 10 µg.m-3	<i>Ostro, 1987</i>
Бронхитис код деце од 5 до 14 година	Додати случајеви	NO ₂	1.021. 95%CI 0.99 до 1.06% на 1 µg.m-3	<i>McConnell et al., 2003</i>



ИНДИКАТОР	УТИЦАЈ	ЗАГАЂУЈУЋА МАТЕРИЈА	РИЗИЦИ	ИЗВОР ЗА ФУНКЦИЈУ РЕАКЦИЈЕ
Пријем у болницу због респираторних проблема (све старосне групе)	Случајеви		1.018, 95%CI 1.0115 до 1.0245 на 10 µg.m-3	APED study, 2000-2009 (***)
Хронични морталитет (све старосне групе) YOLL	Изгубљене године живота		1.02, 95%CI 1.01 до 1.04 на 10 µg.m-3	Huangfu and Atkinson (2020), COMEAP (2018) and Ricardo (2020)
Хронични морталитет (30+)	Превремене смрти		1.008, 95%CI 1.004 до 1.016 на 10µg/m ³ (**)	
<p>(*) Рачунице YOLL заснивају се на анализи која разматра искључиво становништво старије од 30 година, али изражава резултат као промену YOLL на ug.m-3 ширења на целу популацију. (**) Смањење на 1.008 на 10µg/m³ са 1.02, 95%CI 1.01 на 1.04 по 10 µg.m³ да би се узело у обзир двоструко обрачунавање утицаја функцијом примењеном на морталитет од PM_{2.5}. (***) Референца на APED односи се на низ европских истраживања пријављених између 2000. и 2009. године (Amann et al., 2020): више детаља налази се у извештају HRAPIE (WHO, 2013).</p>				



1.2.2 Монетаризација утицаја на здравље

За потребе монетаризације утицаја на здравље, користили смо препоручене вредности из литературе Амана и сарадника (*Amann et al. 2020 a and b*) и Шухтова са сараницима (*Schucht et al. 2020*), које су затим прилагођене ситуацији у Србији. Прве шаблонске вредности у ARP, прилагођене ситуацији у ЕУ28 и изражене по ценовној основици из 2005. године приказане су у Табели 4.

Табела 4: Вредности новчаних јединица по индикатору здравља за ЕУ28 у €₂₀₀₅

Индикатор	Утицај	Загађујућа материја	Вредност за ЕУ28 (€ ₂₀₀₅)
Акутни морталитет (све стар. групе) сред. VOLY	Превремене смрти	O ₃	79 500
Пријем у болницу због респираторних проблема (>64)	Случајеви		4 000
Пријем у болницу због кардиоваскуларних проблема (>64)	Случајеви		5 000
Број дана благе спречености за рад (све старосне групе)	Дани		40
Хронични морталитет (све старосне групе) LYL сред. VOLY	Изгубљене године живота	PM _{2.5}	79 500
Хронични морталитет (30 +) сред. VSL	Превремене смрти		3 060 000
Смртност код новорођенчади (0-1) сред. VSL	Превремене смрти		4 590 000
Хронични бронхитис (27+)			53 600
Бронхитис код деце од 6 до 12 година	Случајеви		301
Пријем у болницу због респираторних проблема (све старосне групе)	Додати случајеви		4 000
Пријем у болницу због кардиоваскуларних проблема (све старосне групе)	Случајеви		5 000
Број дана спречености за рад (све старосне групе)	Случајеви		110
Број дана са симптомима астме (деца од 5 до 19 година)	Дани		42
Изгубљени радни дани (од 15 до 64 године)	Дани		130
Бронхитис код деце од 5 до 14 година	Дани		301
Пријем у болницу због респираторних проблема (све старосне групе)	Додати случајеви	NO ₂	4 000
Хронични морталитет (све старосне групе) LYL сред. VOLY	Случајеви		79 500
Хронични морталитет (30+) сред. VSL	Изгубљене године живота		3 060 000

Затим примењујемо стандардну процедуру за пренос користи (како бисмо прилагодили вредности циљној години и циљној земљи) сходно препорукама OECD (2012), <http://oecdpublichealthexplorer.org/> и Светске банке (2016) за вредности засноване на спремности за плаћање истраживања.



У наставку следи једначина коришћена за ово прилагођавање (<http://oecdpublichealthexplorer.org/ncd-doc/Economy/VSL.html>)³:

$$\text{Вредност}_{\text{Србија,2019}} = \text{Вредност}_{\text{ЕУ28,2005}} \times \left(\frac{Y_{\text{Србија,2019}}}{Y_{\text{ЕУ28,2019}}} \right)^{\beta} \times (1 + \% \Delta P + \% \Delta Y)^{\beta}$$

Где је:

Вредност: вредност новчане јединице одговарајућег индикатора здравља

Y: бруто домаћи производ (БДП) по глави становника при паритету куповне моћи из 2019. године

ΔP: раст потрошачких цена између 2005 и 2019

ΔY: промена стварног раста БДП/по глави становника између 2005. и 2019. године (овде за ЕУ28)

β: приходовна могућност спремности за плаћање (маргинално коришћење потрошачке еластичности)

Светска банка је 2016. године препоручила да се на β примењује вредност од 0.8 за земље са високим приходима, односно 1.2 за земље са средњим и ниским приходима. Пратили смо ту препоруку, па само на случај Србије применили вредност од 1.2.

The order of the adjustment applied here adapts first in time and then in space (Табела 5).

Табела 5 : Пренос користи са вредности изражених у €₂₀₀₅ за ЕУ28 на вредности изражене у €₂₀₁₉ за Србију

Фактори прилагођавања	Резултати	Извори
Полазне вредности у ARP су за ЕУ у € ₂₀₀₅		Разни
Инфлација у ЕУ28 2005-2019: 1.2758	Вредност за ЕУ28 € ₂₀₁₉	<i>Eurostat, HICP</i>
Стварни раст прихода у ЕУ28 2005-2019: 0.167		Светска банка, константни БДП по глави становника
Маргинално коришћење потрошачке еластичности (високи приход): 0.8		<i>OECD</i> , Светска банка
ЕУ28, актуелни БДП/гл.стан. 2019. године, паритет куповне моћи: 46,443	Вредност са та	Светска банка, актуелни БДП по глави становника, ПКМ

³ Исти приступ је примењен у недавном истраживању *Преглед чистог ваздуха* за Генерални директорат за животну средину (*Amann et al., 2020 a and b*).



Србија, актуелни БДП/гл.стан. 2019. године, паритет куповне моћи: 18,930	Србију € ₂₀₁₉	
Еластичност прихода (средњи приходи): 1.2	при ценама по ПКМ	OECD, Светска банка

Новчане вредности за различите индикаторе морбидитета засноване су на различитим категоријама трошкова, с циљем да се обезбеди свеобухватна процена економских вредности. Новчане вредности коришћене за монетаризацију утицаја на здравље су готово све барем делимично засноване на процени спремности за плаћање за смањење ризика од оболевања услед утицаја на здравље (више информација о примењеним вредностима и њиховим изворима могу се пронаћи у *Аман и сарадници, 2020. а и б (Amann et al., 2020 a and b)*).

Једини изузеци су монетаризација

- пријема у болницу, који се заснива на проценама спремности за плаћање, али укључује и трошкове медицинског лечења и губитке продуктивности. Пријем у болницу се, дакле, вреднује нетржишним и тржишним трошковима.
- губитка радних дана, који нису укључени у процену спремности за плаћање.

На све индикаторе, осим за губитак радних дана, примењена је метода преноса користи коју је препоручио *OECD*. Резултирајуће вредности временске (ЕУ28, €₂₀₁₉) и просторне (Србија, €₂₀₁₉) адаптације приказане су у Табела 6.

Табела 6 : Прилагођавање вредности монетарних јединица из 2005. на цене из 2019. године, и из ЕУ28 на Србију

Индикатор	Утицај	Загађујућа материја	Вредности за ЕУ28 (€ ₂₀₀₅)	Вредности за ЕУ28 (€ ₂₀₁₉)	Вредности за Србију (€ ₂₀₁₉)
Акутни морталитет (све стар. групе) сред. VOLY	Превремене смрти	ОЗ	79 500	106 620	36 318
Пријем у болницу због респираторних проблема (>64)	Случајеви		4 000	5 365	1 827
Пријем у болницу због кардиоваскуларних проблема (>64)	Случајеви		5 000	6 706	2 284
Број дана благе спречености за рад (све старосне групе)	Дани		40	54	18
Хронични морталитет (све старосне групе) LYL сред. VOLY	Изгубљене године живота	PM2.5	79 500	106 620	36 318
Хронични морталитет (30 +) сред. VSL	Превремене смрти		3 060 000	4 103 883	1 397 885
Смртност код новорођенчади (0-1) сред. VSL	Превремене смрти		4 590 000	6 155 825	2 096 827
Хронични бронхитис (27+)			53 600	71 885	24 486
Бронхитис код деце од 6 до 12 година	Случајеви		301	404	138
Пријем у болницу због респираторних проблема (све старосне групе)	Додати случајеви		4 000	5 365	1 827
Пријем у болницу због кардиоваскуларних проблема (све старосне групе)	Случајеви		5 000	6 706	2 284
Број дана спречености за рад (све старосне групе)	Случајеви		110	148	50
Број дана са симптомима астме (деца од 5 до 19 година)	Дани		42	56	19
Изгубљени радни дани (од 15 до 64 године)	Дани		130	166	166



Индикатор	Утицај	Загађујућа материја	Вредности за ЕУ28 (€2005)	Вредности за ЕУ28 (€2019)	Вредности за Србију (€2019)
Бронхитис код деце од 5 до 14 година	Дани	NO2	301	404	138
Пријем у болницу због респираторних проблема (све старосне групе)	Додати случајеви		4 000	5 365	1 827
Хронични mortalитет (све старосне групе) LYL сред. VOLY	Случајеви		79 500	106 620	36 318
Хронични mortalитет (30+) сред. VSL	Изгубљене године живота		3 060 000	4 103 883	1 397 885

Ове јединичне вредности множе се бројем годишњих случајева који се приписују загађењу ваздуха.

Код хроничног mortalитета, монетаризација индикатора година изгубљеног живота врши се на основу VOLY (вредност године живота – *Value of Life Year*), индикатора превремене смрти на основу VSL (вредност статистичког живота – *Value of Statistical Life*). Ове вредности добијају се из истраживања спремности за плаћање. Вредности статистичког живота је процена трошкова штете на основу броја људи који су спремни да плате за смањење ризика од смртности изазване здравственим проблемом. Вредност године живота је процена трошкова штете на основу смањења животног века (израженог у потенцијалним изгубљеним годинама живота). Ова мера узима у обзир старост у којој је смрт наступила.

У презентовању резултата (в. Поглавље 3), здравствени трошкови у вези са сценариом, односно, избегнути здравствени трошкови (= користи) захваљујући преласку са полазног сценарија на сценарио смањења емисија, сумирани су за различите здравствене индикаторе, али су за индикатор смртности узете или изгубљене године живота, или превремене смрти. Увек се наводи да ли се процена mortalитета у сумираној штети по здравље вреднује на основу VOLY или VSL. Нижа процена је она која примењује VOLY, а виша која примењује VSL.

2. Приступ у анализи трошкова и користи

Анализа трошкова и користи обједињује информације из одвојених анализа трошкова сценарија ублажавања (у овом истраживању, то је радила CITEPA) и напред представљених користи по здравље, како је и приказано на Слици 2.



Слика 2: Поређење додатних трошкова и користи (избегнути утицаји на здравље)

Сценарији су квантификовани за једну циљну годину (2030)⁴, извршили смо процену трошкова и користи сценарија за смањење емисије такође за једну годину. Трошкови и користи дакле представљају годишње вредности. Вредности трошкова и користи изражени су у еврима по курсу из 2019. године. За израчунавање користи по здравље, јединични трошкови по утицају на здравље процењени за Европску унију и првобитно изражени у €₂₀₀₅, конвертовани су у €₂₀₁₉ за Србију, како је описано у Одељку 1.2.2, уз обрачун инфлације на основу Хармонизованог индекса потрошачких цена (HICP)⁵, за раст прихода, за разлике у приходима између ЕУ и Србије, и за еластичност. За израчунавање трошкова (улагање и оперативни и трошкови одржавања мера за смањење емисија), прилагођавање између различитих ценовних година почива на индексу произвођачких цена, тачније на Индексу трошкова постројења за хемијски инжењеринг (CEPCI).

Анализом трошкова и користи из овог пројекта врши се поређење додатних трошкова и користи (избегнутих утицаја на здравље) насталих услед преласка са полазног сценарија на сваки појединачни сценарио ублажавања 2030. године. Додатни трошкови састоје се од додатних годишњих трошкова који обухватају годишње инвестиционе трошкове и годишње оперативне и трошкове одржавања. Резултати овог поређења представљени су као нето користи, израчунати као

⁴ А не за период од садашњости до циљне године.

⁵ <https://ec.europa.eu/eurostat/fr/web/hicp/data/database>



разлика између користи по здравље и додатних трошкова, и као однос користи и трошкова. Када представљамо нето користи, кажемо да што је већа вредност нето користи, то је сценарио кориснији за друштво. Када представљамо однос користи и трошкова, пројекат је кориснији за друштво што је већа резултирајућа вредност. Да би се пројекат сматрао корисним и вредним реализације са становишта економисте, однос користи и трошкова мора бити већи од 1, односно, нето корист мора бити позитивна.

3. Резултати

3.1 Улазни подаци из CHIMERE

Улазни подаци за различите сценарије резултат су рачунице применом модела CHIMERE, при чему је годишња средња изложеност становништа изражена као концентрација ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), осим за озон, за који је коришћен индикатор SOMO35⁶ (изражен у *ppb.days*). они су приказани у Табела 7.

У овом истраживању, квантификовали смо само утицаје на здравље и штету по здравље у Србији, јер су за квантификоване концентрације у Србији које су настале као резултат емисија само у овој земљи. То значи да смо занемарили прекограничне утицаје загађујућих материја које се емитују у Србији у другим земљама. Апсолутна штета по здравље од укупних емисија у Србији када би се рачунали прекогранични утицаји већа је од оне која је представљена у Одељку 3.2, а користи од стратегија ублажавања би такође биле веће ако би се узели у обзир прекогранични утицаји.

Табела 7: Просечни годишњи степени изложености становништва у односу на проучаване сценарије

Сценарио	REF	WEM	WAM A	WAM B	WAM C
Година	2015	2030	2030	2030	2030
PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	17.4	13.9	12.5	10.8	10.2
SOMO35 (ppb.days)	3 036	2 559	2 512	2 469	2 466
NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	9.1	6.5	5.9	5.3	5.2
Број становника 2015. године: 7,108,454					

Треба напоменути да ова табела садржи усредњене податке о концентрацијама у односу на становништво у целој земљи, што значи да ће се концентрације измерене на одређеним локацијама разликовати (биће више или ниже).

3.2 Штета и корист по здравље

3.2.1 Утицаји морталитета и морбидитета

⁶ SOMO3 означава збир средњих вредности озона већих од 35, и он представља индикатор за процену утицаја на здравље којег препоручује СЗО. Дефинише се као годишњи збир дневних максимума од 8 сати у просеку за више од 35 ppb. За сваки дан, бира се максимум осмочасовног просека за Оз, а вредности за преко 35 ppb сабирају се за целу годину (<https://www.emep.int/mscw/definitions.pdf>).



У Табела 8 приказани су резултати у смислу физичких утицаја на здравље који одговарају нивоу квалитета ваздуха за сваки сценарио: референтни сценарио (REF) из 2015, полазни сценарио према актуелним прописима (WEM) за 2030. годину, и три све амбициознија сценарија ублажавања, WAM А, В и С.



Табела 8: Годишњи утицаји на здравље по сценаријима, у одговарајућим јединицама и годинама

Утицаји на здравље у Србији	Јединица	Загађујућа материја	REF	WEM	WAM A	WAM B	WAM C
			2015	2030	2030	2030	2030
Акутни морталитет (све стар. групе) сред. VOLY	Превремене смрти	O ₃	461	365	358	352	352
Пријем у болницу због респираторних проблема (>64)	Случајеви		242	225	221	218	217
Пријем у болницу због кардиоваскуларних проблема (>64)	Случајеви		2 061	1 922	1 887	1 854	1 852
Број дана благе спречености за рад (све старосне групе)	Дани		1 415 555	1 082 884	1 063 011	1 044 761	1 043 670
Хронични морталитет (све старосне групе) LYI сред. VOLY	Изгубљене године живота	PM _{2.5}	92 013	60 363	54 075	46 918	44 221
Хронични морталитет (30+) сред. VSL	Превремене смрти		9 773	7 373	6 605	5 731	5 401
Смртност код новорођенчади (0-1) сред. VSL	Превремене смрти		9	4	3	3	3
Хронични бронхитис (27+)			5 934	4 564	4 089	3 548	3 344
Бронхитис код деце од 6 до 12 година	Случајеви		22 762	14 431	12 928	11 217	10 572
Пријем у болницу због респираторних проблема (све старосне групе)	Додати случајеви		4 261	3 103	2 780	2 412	2 273
Пријем у болницу због кардиоваскуларних проблема (све старосне групе)	Случајеви		5 144	3 746	3 356	2 912	2 744
Број дана спречености за рад (све старосне групе)	Случајеви		8 656 749	6 371 784	5 707 963	4 952 499	4 667 841
Број дана са симптомима астме (деца од 5 до 19 година)	Дани		186 041	117 950	105 662	91 677	86 408
Изгубљени радни дани (од 15 до 64 године)	Дани		2 132 518	1 503 675	1 347 020	1 168 739	1 101 563
Бронхитис код деце од 5 до 14 година	Дани	NO ₂	2 395	1 348	1 226	1 094	1 075
Пријем у болницу због респираторних проблема (све старосне групе)	Додати случајеви		2 113	1 380	1 255	1 120	1 100



Утицаји на здравље у Србији	Јединица	Зарађујућа материја	REF	WEM	WAM A	WAM B	WAM C
			2015	2030	2030	2030	2030
Хронични морталитет (све старосне групе) LYL сред. VOLY	Случајеви		6 530	3 843	3 495	3 118	3 063
Хронични морталитет (30+) сред. VSL	Изгубљене године живота		694	469	427	381	374

На Слика 3 и Слика 4 су по сценаријима и у форми графикана приказани резултати који се односе на случајеве превремене смрти као последице утицаја суспендованих честица. Табела 9 приказује утицаје морталитета који се могу избећи 2030. године у поређењу са полазним сценариом WEM, када се имплементирају различити сценарији ублажавања.



Слика 3: Превремени смртни случајеви као последица утицаја PM_{2.5} у вези са сваким нивоом квалитета ваздуха за сваки сценарио

Слика 3 и Слика 4 приказују резултате у смислу случајева превремене смрти и у смислу изгубљених година живота.



Слика 4: Године изгубљеног живота од последица утицаја $PM_{2.5}$ у вези са сваком нивоом квалитета ваздуха за сваки сценарио

Морталитет изазван $PM_{2.5}$ који се избегава применом додатних мера ублажавања (сценарији ублажавања WAM A, B и C 2030. године) у односу на полазни сценарио (WEM 2030) приказани су у Табела 9. Ове користи по здравље расту како расте и амбиција сценарија ублажавања.

Табела 9: Утицаји на здравље који су избегнути 2030. године захваљујући реализацији сценарија ублажавања, у односу на WEM

Избегнути утицаји на здравље (= користи) на годишњем нивоу у односу на WEM			
Сценарио/Индикатор	WAM A 2030 у односу на WEM 2030	WAM B 2030 у односу на WEM 2030	WAM C 2030 у односу на WEM 2030
Случајеви превремене смрти од $PM_{2.5}$	768	1 642	1 972
Изгубљене године живота због $PM_{2.5}$	6 289	13 446	16 142

3.2.2 Укупна штета по здравље

Збирна новчано изражена штета по здравље прати исти тренд као и утицаји (Слика 5). Како расте амбиција у сценарију да се смање емисије, тако опада штета по здравље од $PM_{2.5}$, O_3 и NO_2 .



Слика 5: Укупна годишња штета по здравље по сценаријима, вредновање по VOLY и VSL

Додатним мерама за смањење емисија могло би се уштедети и до 3 милијарде евра здравствених трошкова 2030. године. То се види из графика на Слика 6, која приказује избегнуте штете по здравље (= користи) у односу на полазни сценарио WEM 2030. Три милијарде евра користи по здравље представљају горњу процену користи за WAM C, ослањајући се на стопу морталитета према VSL, а нижа процена користи за овај сценарио, која се ослања на стопу смртности према VOLY, износи 800 милиона евра.



Слика 6: Избегнута штета по здравље на годишњем нивоу (= користи) по сценаријима, у односу на основни сценарио WEM 2030

3.3 Анализа трошкова и користи

Резултати који се односе на додатне трошкове ублажавања (које је израчунала CITEPA) и на избегнуте утицаје на здравље (користи) из сценарија за ублажавање у поређењу са полазним сценаријом (WEM) приказане су овде и упоређене у анализи трошкова и користи. Даље су трошкови и користи упоређивани са два становишта: нето корист, и однос користи и трошкова.

На двама следећим сликама приказани су резултати у смислу нето користи, израчунатим као избегнути здравствени трошкови на годишњем нивоу (користи по здравље), умањени за додатне годишње инвестиције и оперативне и трошкове одржавања по сценаријима ублажавања у односу на WEM. Сви бројчани показатељи трошкова и користи представљају годишње бројке за 2030. годину. На Слика 7 приказан је збир користи по здравље по вредновању mortalитета према VSL, а на Слика 8 збир користи по здравље вредновањем mortalитета према VOLY. Уочава се да скале на у-осама у обе слике нису идентичне. Подаци о трошковима мера ублажавања исти су за оба графика.

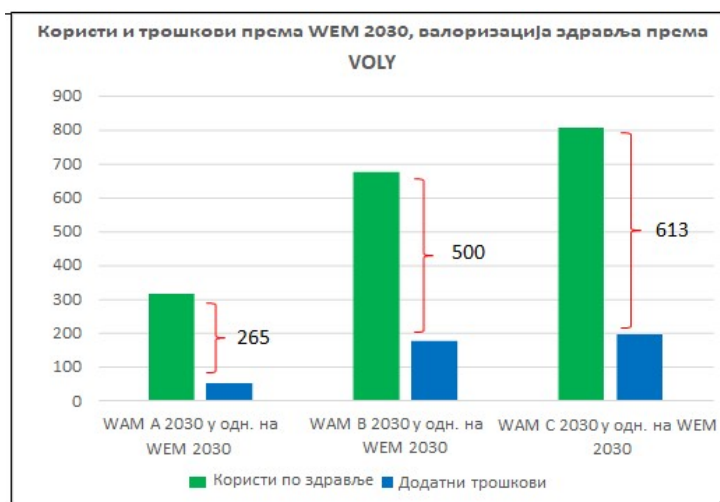


Слика 7: Нето годишње користи од сценарија ублажавања у односу на WEM 2030, вредновање помоћу VSL

Компоненте појединачних трошкова ублажавања и користи по здравље резултирају процењеним нето користима, који су дати у Табела 10 и Табела 11, за процене засноване на VSL и VOLY вредновању mortalитета. Оне показују да користи по здравље расту како расту и амбиције у сценаријима, али расту и трошкови. Ипак, нето користи расту како расте и амбиција за смањењем емисија.

Табела 10: Годишњи трошкови ублажавања и компоненте користи по здравље у процени нето користи, вредновање помоћу VSL

М€/год. (VSL)	WAM A 2030 у одн. на WEM 2030	WAM B 2030 у одн. на WEM 2030	WAM C 2030 у одн. на WEM 2030
Користи по здравље	1 208	2 579	3 080
Додатни трошкови	51	174	193
Нето корист	1 157	2 405	2 887



Слика 8: Годишње нето користи од сценарија ублажавања, у односу на WEM 2030, вредновање помоћу VOLY

Табела 11: Годишњи трошкови ублажавања и компоненте користи по здравље у процени нето користи, вредновање помоћу VOLY

М€/год. (VOLY)	WAM A 2030 у одн. на WEM 2030	WAM B 2030 у одн. на WEM 2030	WAM C 2030 у одн. на WEM 2030
Користи по здравље	316	674	806
Додатни трошкови	51	174	193
Нето корист	265	500	613

На Слика 9 приказани су резултати односа користи и трошкова, израчунати тако што су годишње користи подељене годишњим додатним трошковима ублажавања за сваки сценарио ублажавања у односу на WEM 2030.



Слика 9: Однос користи и трошкова уз сценарије ублажавања 2030. године, у односу на WEM, вредновање помоћу VSL и VOLY

Резултати анализе трошкова и користи могу се сумирати на следећи начин:

- 2030. године WAM C остварује највеће нето користи у односу на WEM, затим следе WAM B и WAM A,
- 2030. године WAM A остварује највећи однос користи и трошкова у односу на WEM, затим следе WAM C и WAM B,
- Апсолутни износ нето користи и нето односа користи и трошкова варира између вредновања mortalитета према VOLY или VSL.

Било би добро размотрити могућност спровођења алтернативне вишекритеријумске анализе како би се узеле у обзир ове разлике. Тиме би се показала осетљивост резултата вишекритеријумске анализе смењивањем индикатора mortalитета и/или трошкова и користи.



4. Библиографија

- Abbey, D.E., et al. (1995a), Estimated long-term ambient concentrations of PM₁₀ and development of respiratory symptoms in a non-smoking population, *International Archives for Occupational and Environmental Health*, 50(2), pp. 139–152 (<https://doi.org/10.1080/00039896.1995.9940891>).
- Abbey, D.E., et al. (1995b), Chronic respiratory symptoms associated with estimated long-term ambient concentrations of fine particulates less than 2.5 microns in aerodynamic diameter (PM_{2.5}) and other air pollutants, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 5(2), pp. 137–159.
- Allemand, N., Rouil, L. et al. (2016), Aide à la décision pour l'élaboration du PREPA, Rapport principale et annexes, CITEPA, INERIS, ABJD, Energies Demain.
- Amann, M. (ed.), et al., 2017, Costs, benefits and economic impacts of the EU Clean Air Strategy and their implications on innovation and competitiveness, IIASA report, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria (<https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/air/policy/SR11-Economics-report-FINAL.pdf>).
- Amann, M., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J. et al. (2020a), Support to the development of the Second Clean Air Outlook, Specific Contract 6 under Framework Contract ENV.C.3/FRA/2017/0012, Final report, International Institute for Applied Systems Analysis, Umweltbundesamt, EMRC, for European Commission Directorate General Environment (<https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/CAO2-MAIN-final-21Dec20.pdf>).
- Amann, M., Borken-Kleefeld, J., Cofala, J. et al. (2020b), Support to the development of the Second Clean Air Outlook, Specific Contract 6 under Framework Contract ENV.C.3/FRA/2017/0012, Final report - Annex, International Institute for Applied Systems Analysis, Umweltbundesamt, EMRC, for European Commission Directorate General Environment (<https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/CAO2-MAIN-final-21Dec20.pdf>).
- DCE, 2018, The Danish Air Quality Monitoring Programme, Annual Summary for 2017, Scientific Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy No. 281, 2018, Aarhus University (<https://dce2.au.dk/pub/SR281.pdf>).
- EEA (2018), EEA Air quality report 12/2018, European Environment Agency (<https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2018>).
- HEI (2020), Serbia HEI Air Pollutants Factsheet 2020, State of Global Air 2020, Health Effects Institute.
- Hoek, G., et al., 2012, PM₁₀ and children's respiratory symptoms and lung function in the PATY study. *European Respiratory Journal*, 2012 Sep, 40(3), pp. 538-47 (<https://doi.org/10.1183/09031936.00002611>).
- Hoek, G., et al. (2013), Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review, *Environmental Health*, 2013 May 28, 12(1), 43 (<https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-43>).
- Holland, M., Hunt, A., Hurley, F., et al. (2005a), Methodology for the Cost–Benefit Analysis for CAFE : Volume 1: Overview of Methodology, Service Contract for Carrying out Cost–Benefit Analysis of Air Quality Related Issues,



- in particular in the CAFE Programme, AT Environment
(https://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/pdf/cba_methodology_vol1.pdf).
- Holland, M., Hurley, F., Hunt, A., Watkiss, P. (2005b), Methodology for the Cost–Benefit analysis for CAFE : Volume 3: Uncertainty in the CAFE CBA, Methods and First Analysis, Service Contract for Carrying out Cost–Benefit Analysis of Air Quality Related Issues, in particular in the CAFE Programme, AT Environment
(https://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/activities/pdf/cba_method_vol3.pdf).
- Holland, M., Watkiss, P. & Pye, S. (2005c), Cost–Benefit Analysis of Policy Option Scenarios for the Clean Air for Europe programme, Service Contract for Carrying out Cost–Benefit Analysis of Air Quality Related Issues, in particular in the CAFE Programme, AT Environment
(https://www.researchgate.net/publication/259778935_Service_Contract_for_Carrying_out_Cost-Benefit_Analysis_of_Air_quality_Related_Issues_in_particular_in_the_Clean_Air_for_Europe_CAFE_Programme_Damages_per_tonne_emission_of_PM25_NH3_SO2_NOx_and_VOCs_f/link/55ff07b108aeafc8ac8b984c/download).
- Holland, M., Wagner, A., Hurley, F. et al. (2011), Cost Benefit Analysis for the Revision of the National Emission Ceilings Directive: Policy Options for revisions to the Gothenburg Protocol to the UNECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, A Technology
(https://unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2011/eb/wg5/WGSR49/Informal%20docs/12_CBA_report_2011_produced_by_AEA.pdf).
- Holland, M., Pye, S., Jones, G., et al. (2013), The ALPHA Benefit Assessment Model, European Consortium for Modelling of Air Pollution and Climate Strategies (EC4MACS)
(http://www.ec4macs.eu/content/report/EC4MACS_Publications/MR_Final%20in%20pdf/Alpha_Methodologies_Final.pdf).
- Holland, M. (2014a), Cost–benefit Analysis of Final Policy Scenarios for the EU Clean Air Package, Version 2, Corresponding to IIASA TSAP Report #11, Version 1, EMRC, March 2014
(<https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/TSAP%20CBA.pdf>).
- Holland, M. (2014b), Implementation of the HRAPIE Recommendations for European Air Pollution CBA work, Health Impact Assessment and Cost Benefit Analysis, EMRC
(<https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/CBA%20HRAPIE%20implement.pdf>).
- Hunt, A., et al., 2016, Social costs of morbidity impacts of air pollution, OECD Environment Working Papers No. 99, OECD, Paris (<https://www.oecd-ilibrary.org/docserver/5jm55j7cq0lv-en.pdf?expires=1595947296&id=id&accname=guest&checksum=518DFC4D0FC45F9C13E1ADAEB54F9E96>).
- Hurley, F., Hunt, A., Cowie, H., et al. (2005), Methodology for the Cost-Benefit analysis for CAFE: Volume 2: Health Impact Assessment, Service Contract for Carrying out Cost- Benefit Analysis of Air Quality Related Issues, in particular in the Clean Air for Europe (CAFE) Programme
(https://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/pdf/cba_methodology_vol2.pdf).



- Krupnick, A., Ostro, B. & Bull, K. (2005), Peer Review of the Methodology of Cost–Benefit Analysis of the Clean Air For Europe Programme
(<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=D919B507498D13C22DD6A9C4C1EE886A?doi=10.1.1.558.4786&rep=rep1&type=pdf>).
- Maca, V., et al., 2011, Presentation of unit values for health end-points: country-specific and pooled, Deliverable 4.1.3 of the Heimtsa project, EC DG Research Project, EC grant GOCE-CT-2006-036913-2, University of Bath.
- Miller, B., Hurley, F. & Shafrir, A. (2011), Health Impact Assessment for the National Emission Ceilings Directive (NECD) – Methodological Issues, IOM, Research Report TM/11/03.
- OECD (2012), Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies, ISBN: 978-92-79- 23013-4, OECD Publishing, Paris, France (<http://dx.doi.org/10.1787/9789264130807-en>).
- OECD Public Health Explorer, Chapter 8.3 Economic assessment using the ‘value of statistical life approach’, SPHeP-NCDs documentation (<http://oecdpublichealthexplorer.org/ncd-doc/Economy/VSL.html>).
- Ostro, B. D., 1987, Air pollution and morbidity revisited: a specification test, Journal of Environmental Economics Management, 14(1), pp. 87–98.
- Schindler, C., et al., 2009, Improvements in PM10 exposure and reduced rates of respiratory symptoms in a cohort of Swiss adults (SAPALDIA), American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine, 179(7), pp. 579–587 (<https://doi.org/10.1164/rccm.200803-388OC>).
- Schucht, S., Colette, A., Rao, S., et al. (2015), Moving towards ambitious climate policies: monetized health benefits from improved air quality could offset mitigation costs in Europe. Environ Sci Policy 2015, 50 : 252-269 (<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.03.001>).
- Schucht, S., Real, E., Létionois, L. et al. (2020), Costs of air pollution from European industrial facilities 2008–2017, Eionet Report - ETC/ATNI 2020/4 (ETC/ATNI Report 04/2020: Costs of air pollution from European industrial facilities 2008–2017. — Eionet Portal (europa.eu)).
- U.S. EPA, 2011, The benefits and costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020, Final Report – Rev. A, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation
(https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-07/documents/fullreport_rev_a.pdf).
- Weinmayr, G., et al. (2010), Short-Term Effects of PM10 and NO2 on Respiratory Health among Children with Asthma or Asthma-like Symptoms: A Systematic Review and Meta-Analysis, Environmental Health Perspectives, volume 118(4), pp. 449-57 (<https://doi.org/10.1289/ehp.0900844>).
- WHO (2013), Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE – Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide, WHO regional office for Europe
(https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/238956/Health_risks_air_pollution_HRAPIE_project.pdf).



WHO/Europe (2019), Health impact of ambient air pollution in Serbia – A call to action, World Health Organization (<https://www.euro.who.int/en/countries/serbia/publications/health-impact-of-ambient-air-pollution-in-serbia-a-call-to-action-2019>).

Woodruff, T. J., et al., 1997, The relationship between selected causes of postneonatal infant mortality and particulate air pollution in the United States, Environmental Health Perspectives, 105(6), pp. 608–12 (<https://doi.org/10.2307/3433606>).

World Bank (2016), Methodology for Valuing the Health Impacts of Air Pollution - Discussion of Challenges and Proposed Solutions, World Bank Group (<https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/24440>).