

# Žmogaus Biomonitoringas ir Ekspozomo nustatymas įgyvendinant HELIX projektą

Sandra Andrušaitytė, Regina Gražulevičienė

Vytauto Didžiojo universitetas

Epidemiologinių tyrimų duomenimis, pastaraisiais dešimtmečiais daugėja lėtinių ligų, susijusių su chemine aplinkos tarša, plitimas. Europos Komisija, siekdama nustatyti esamą cheminių medžiagų ekspoziciją Europoje, iniciavo Žmogaus biomonitoringo programą, apimančią visas Europos Sąjungos valstybes. Siekiant išaiškinti mechanizmus ir suminės aplinkos ekspozicijos-ekspozomo (taršos iš maisto produktų, elgsenos, darbo ir gyvenamosios aplinkos), poveikį sveikatai, vykdomas 7BP HELIX projektas. Individualiu lygmeniu atliekami biologinių žymenų motina-vaikas tyrimai atskleidžia cheminių medžiagų, patekusių į organizmą visais keliais (per virškinimo sistemą, kvėpavimo sistemą ir odą) ryšį su vaikų fizine ir protine raida, alerginėmis ligomis. Tyrimų duomenys bus naudojami darbo ir gyvenamosios aplinkos higienos normų peržiūrai, kuriant saugią aplinką Europos regione ir įgyvendinant Jungtinių Tautų Darnaus vystymosi programos 11 tikslą (*SDG-11 on Sustainable Cities and Communities*).

Europos Komisija, Žmogaus biomonitoringas, HELIX

## Įvadas

Epidemiologinių tyrimų duomenimis, pastaraisiais dešimtmečiais daugėja lėtinių ligų, susijusių su chemine aplinkos tarša, plitimas. Nustatyta, kad cheminės taršos didėjimas yra susijęs su vaikų ir suaugusiųjų lėtinių neinfekcinių ligų rizikos didėjimu, su astmos ir alerginių ligų dažnėjimu (Gražulevičienė et al., 2014; Kimber et al., 2014).

Europos Komisija, siekdama nustatyti esamą cheminių medžiagų ekspoziciją Europoje, inicijavo Žmogaus biomonitoringo programą (*HBM4EU*) ([www.hbm4eu.com](http://www.hbm4eu.com)), kuri apėmė visas Europos Sąjungos valstybes. Vienas iš svarbiausių šios programos tikslų – gauti naujų duomenų ir informuoti visuomenę apie cheminių medžiagų keliamą grėsmę, siekiant apsaugoti žmonių sveikatą. HBM4EU duomenys sudarys pagrindą įvertinti cheminių medžiagų ekspoziciją ir peržiūrėti egzistuojančias higienos normas. Bus siekiama intensyvaus bendravimo su politikos formuotojais kuriant saugų cheminių medžiagų vartojimą ir kontrolės priemones.

Ankstyvoji aplinkos teršalų ekspozicija yra susijusi su vaikų raidos problemomis, sveikatos sutrikimais ir neigiamu poveikiu sveikatai vėlesniame gyvenime. Ypač pažeidžiami maži vaikai, kadangi jų imuninė sistema ir detoksikacijos mechanizmas nėra visiškai išsivystęs. Ftalatai yra aplinkos teršalai, naudojami kaip plastifikatoriai plataus vartojimo prekių gamyboje, kosmetikoje, žaisluose ir asmens higienos produktuose (CDC. Center for Disease Control and Prevention. 2009). Biologiniai ftalatų ekspozicijos žyminiai ir jų ryšys su sveikata buvo nustatyti daugelyje šalių. Didelės ftalatų koncentracijos gali pažeisti endokrininę sistemą ir didinti vaikų nutukimo (Kim, Park, 2014), protinės raidos bei elgsenos sutrikimų riziką (Ejaredar et al 2015); gali sutrikdyti imuninės sistemos vystymąsi ir didinti astmos simptomų galimybę (Bertelsen et al, 2013; Whyatt et al, 2014). Tačiau paskelbti tyrimų rezultatai apie ftalatų ekspozicijos poveikį vaikų nutukimui (Zhang et al, 2014) ir astmai (Robinson & Miller, 2015) yra nenuoseklūs. Tam gali turėti įtakos nekontroliuotų aplinkos veiksnių, tokių kaip oro tarša kietosiomis dalelėmis (PM<sub>2,5</sub>), poveikis, kurių didelė ekspozicija yra insulino rezistencijos, nutukimo ir uždegimo rizikos veiksnys (Xu et al, 2010).

Vytauto Didžiojo universiteto Aplinkotyros katedroje vykdomas 7 Bendrosios programos (2012– 2017) projektas „Žmogaus ankstyvojo gyvenimo ekspozomas – naujos priemonės ir metodai integruoti ankstyvojo gyvenimo aplinkos ekspoziciją ir poveikį vaikų sveikatai Europoje“ (*HELIX*) ([www.projecthelix.eu/lt](http://www.projecthelix.eu/lt)). HELIX projekto tikslas yra sukurti metodus, kurie įvertintų suminę aplinkos ekspoziciją, nustatyti gautos teršalų dozės ryšius su vaikų psichologiniais ir emociniais raidos sutrikimais, nutukimu, alergijomis ir pagrįsti „Ankstyvojo gyvenimo ekspozomo“ svarbą lėtinių ligų raidai (Gražulevičienė, 2015).

## Tyrimų metodika

HELIX projekte dalyvauja 6 motina-vaikas kohortos iš Didžiosios Britanijos (BiB), Prancūzijos (EDEN), Ispanijos (INMA), Lietuvos (KANC), Norvegijos (MoBA) ir Graikijos (EDEN) (1 pav.). Šios kohortos, naudojant bendrus protokolus, turėjo aplinkos ir sveikatos stebėsenos duomenų, surinktų nuo nėštumo pradžios iki 6–9 metų vaikų amžiaus ir gali toliau kaupti ir analizuoti bendrus aplinkos teršalų duomenis, biologinių mėginių ir klinikinių tyrimų duomenis ekonomiškiausiu būdu.



1 pav. HELIX projekte dalyvaujančios kohortos  
Fig. 1. Cohorts involved in HELIX project

Atrenkant HELIX dalyvius buvo siekiama, kad kohortos atspindėtų skirtingus Europos (Šiaurės, Rytų, Pietų ir Vakarų) regionus ir kad galima būtų tinkamai įvertinti kaip ir kokių mastu suminė ekspozicija vyrauja šiuose regionuose. HELIX projekte dalyvaujančios kohortos surinko didelį kiekį išorinės aplinkos ekspozicijos, gyvenamos ir elgsenos, genetinių veiksnių bei neštumo baigtis, kartu vykdant Europos Sąjungos 6BP ir 7BP finansuojamus projektus (ESCAPE, HiWATE, PHENOTYPE, MeDALL, ENRIECO, CHICOS, Enviro-GenoMarkers) (Gražulevičienė, Danilevičiūtė, 2013).

Ankstyvojo gyvenimo ekspozicijos poveikis sveikatai tiriama įvairiais raidos etapais: neštumo metu, kūdikystėje, vaikystėje ir paauglystėje. Poveikis nutukimui, psichologinės ir emocinės raidos sutrikimams, astmai, kvėpavimo takų ligoms tiriama įvertinus dozės-atsakas sąveiką ir slenkstinių lygį. HELIX, naudojant standartizuotus protokolus ir tyrimo metodus, matuojama išorinė suminė ekspozicija, vidinė (molekuliniame lygyje) suminė ekspozicija bei vertinami sveikatos atsaką moduluojantys žymenys, analizuojami integruoti vidinės ir išorinės ekspozicijos duomenys. Duomenų analizei naudojami naujai sukurti statistinės analizės metodai, kurie bus naudojami tolimesniuose vaikų sveikatos tyrimuose.

Vykdam HELIX projektą sukurtos duomenų bazės bus naudojamos vertinant aplinkos ekspoziciją ir epidemiologinę situaciją Europoje, rengiant prevencines programas.

Europos žmogaus biomonitoringo programos pagrindą sudarė Europos lygmens žmogaus biomonitoringo konsorciūmas COPHES (*Consortium to Perform Human Biomonitoring on a European Scale*), kuris sukūrė biologinės stebėsenos protokolus, skirtus standartizuoti biologinių žymenų nustatymą (Joas et al., 2015).

Žmogaus biomonitoringo programa buvo toliau vystoma įgyvendinant DEMOCOPHES projektą (*Demonstration of a study to coordinate and perform human biomonitoring on a European Scale*). Surinkti duomenys apie konkrečius biologinius žymenis, susijusius su gyvenimu (Schindler et al., 2014).

COPHES/DEMOCOPHES projektuose biologiniai žymenys buvo pasirinkti priklausomai nuo analizės metodų prieinamumo. Buvo analizuojamos gyvsidabrio, kadmio ir kotinino koncentracijos organizme. Atliekamos ftalatų metabolitų analizės. Tirti biologiniai žymenys plaukų ir šlapimo mėginiuose. DEMOCOPHES projekte dalyvavo Belgija, Kipras, Čekijos respublika, Danija, Vokietija, Vengrija, Airija, Liuksemburgas, Lenkija, Portugalija, Rumunija, Slovėnija, Slovakijos Respublika, Ispanija, Švedija, Šveicarija ir Jungtinė Karalystė (Schindler et al., 2017).

Į pradedamą Žmogaus biomonitoringo programą HBM4EU yra įtrauktos 26 valstybės, tarp jų ir Lietuva (2 pav.). Ją įgyvendinant, didelis dėmesys skiriamas cheminių medžiagų, naudojamų įvairiuose produktuose, įskaitant medicinos ir veterinarijos produktus, taip pat žemės ūkio produktus ir pesticidus, tyrimams. Bus vertinamas aplinkos ekspozicijos poveikis sveikatai ir siekiama pagerinti aplinkos kokybės būklę.

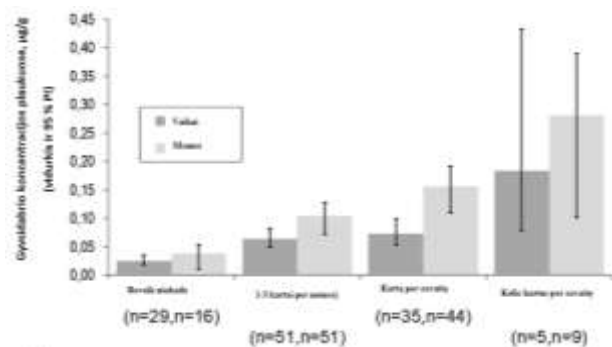
## Rezultatai

Vykdam biomonitoringą, Vokietijoje buvo nustatytos gyvsidabrio koncentracijos vaikų ir motinų plaukuose.



2 pav. HBM4EU projekto dalyviai  
Fig. 2. Participant in HBM4EU

Vidutinė gyvsidabrio koncentracija vaikų plaukuose buvo 0,145  $\mu\text{g/g}$ , o motinų – 0,225  $\mu\text{g/g}$ . Schindler su bendraautoriais (Schindler et al., 2017) nustatė, kad žuvų produktų vartojimo dažnis teigiamai koreliuoja su gyvsidabrio koncentracija vaikų ir motinų plaukuose (3 pav.).



3 pav. Gyvsidabrio koncentracijų vidurkiai vaikų ir motinų plaukuose priklausomai nuo žuvies vartojimo dažnio Vokietijoje  
Fig. 3. Mercury concentrations in hair of mothers and their children by fish and shellfish consumption in German

Kotininas aptiktas 87 % vaikų ir 86 % motinų šlapimo bandinių. Maksimali kotinino koncentracija vaikų šlapime buvo 22,4  $\mu\text{g/L}$ , o motinų – 3420  $\mu\text{g/L}$ . Nustatytos didelės kotinino koncentracijos gali būti dėl tabalo dūmų ekspozicijos rūkant (Schindler et al., 2017). Didėjant rūkančių asmenų skaičiui namuose, didėjo kotinino koncentracija vaikų šlapime (4 pav.).

Lietuvoje ir užsienyje ftalatai plačiai naudojami pramonėje (Balcius, Gražulevičienė, 2012) ir yra duomenų, kad kai kuriuose nutekamuosiuose vandenyse ftalatų koncentracijos viršijo didžiausią leistiną vidutinę metinę

koncentraciją iki 13 kartų (Dudutyte et al, 2007) (1 ir 2 lentelės).

**1 lentelė.** Ftalatų koncentracijos (µg/L) nuotiekose (Balčius, Gražulevičienė, 2012)

**Table 1.** Phthalate concentrations (µg/L) in waste water in various countries

|                                  | DMP          | DEP           | DBP           | BBP          | DEHP          | DOP          |
|----------------------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Lithuania (Dudutyte et al. 2007) | <0.05 - 0.12 | <0.05 - 1.81  | <0.05 - 1.08  | <0.05 - 1.31 | <0.05 - 53.20 | <0.05 - 0.12 |
| Spain (Sánchez et al. 2006)      | 0.80 ± 0.50  | 16.20 ± 19.00 | 48.80 ± 15.00 | 0.67 ± 0.89  | 41.90 ± 25.00 | -            |
| France (Dargatzis et al. 2006)   | 0.82 ± 1.13  | 7.71 ± 5.21   | 1.10 ± 0.37   | 1.12 ± 0.54  | 22.46 ± 13.22 | 0.10 ± 0.16  |
| Austria (Clara et al. 2010)      | 0.95         | 4.10          | 2.20          | 0.95         | 18.00         | 0.48         |
| Denmark (Fassler et al. 2003)    | -            | -             | 1.93          | 0.39 ± 0.30  | 35.40 ± 10.60 | 0.57 ± 0.19  |

**2 lentelė.** Ftalatų koncentracijos (µg/L) paviršiniuose vandenyse (Balčius, Gražulevičienė, 2012)

**Table 2.** Phthalate concentrations (µg/L) in surface water in various countries

|                                  | DMP   | DEP           | DBP          | BBP          | DEHP          | DOP   |
|----------------------------------|-------|---------------|--------------|--------------|---------------|-------|
| Lithuania (Dudutyte et al. 2007) | <0.05 | <0.05 - 0.07  | <0.05 - 1.25 | <0.05 - 1.53 | <0.05 - 3.85  | <0.05 |
| Spain (Martín et al. 2011)       | <0.20 | <0.20 - 20.00 | <0.10 - 0.30 | -            | <0.25 - 15.00 | -     |
| France (Dargatzis et al. 2006)   | -     | 0.07 - 0.18   | 0.07 - 0.37  | 0.01 - 0.02  | 0.16 - 0.31   | 0.01  |
| Denmark (Pramburg et al. 2006)   | -     | -             | 0.04 - 1.52  | -            | 0.05 - 4.90   | -     |
| Germany (Froese et al. 2002)     | -     | -             | 0.12 - 8.80  | -            | 0.33 - 97.80  | -     |

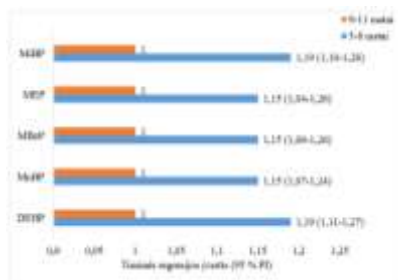
**3 lentelė.** Šlapime nustatytų ftalatų metabolitų dažnis, geometriniai vidurkiai ir 95 % PI (DEMOCOPHES projekto duomenys).

**Table 3.** Frequency of quantification, geometric mean with 95% confidence interval of phthalate metabolites in children and their mothers.

| Ftalatų metabolitai              | N                  | Visos DEMOCOPHES valstybės |                  |
|----------------------------------|--------------------|----------------------------|------------------|
|                                  |                    | % >LOQ                     | GM (95% PI)      |
| MEP (µg/L šlapime)               | Vaikai (N = 1816)  | 98.0                       | 34.4 (32.8–36.0) |
| MEP (µg/L šlapime)               | Motinos (N = 1800) | 95.2                       | 48.2 (45.6–51.0) |
| MBzP (µg/L šlapime)              | Vaikai (N = 1816)  | 95.2                       | 7.15 (6.83–7.48) |
| MBzP (µg/L šlapime)              | Motinos (N = 1800) | 91.8                       | 4.51 (4.31–4.72) |
| MnBP (µg/L šlapime)              | Vaikai (N = 1355)  | 99.9                       | 34.8 (33.5–36.2) |
| MnBP (µg/L šlapime)              | Motinos (N = 1347) | 99.4                       | 23.9 (23.0–24.9) |
| MiBP (µg/L šlapime)              | Vaikai (N = 1355)  | 99.8                       | 45.4 (43.6–47.3) |
| MiBP (µg/L šlapime)              | Motinos (N = 1347) | 99.4                       | 30.1 (28.9–31.4) |
| DEHP <sup>b</sup> (µg/L šlapime) | Vaikai (N = 1816)  | 85.6                       | 47.6 (46.0–49.3) |
| DEHP <sup>b</sup> (µg/L šlapime) | Motinos (N = 1800) | 81.6                       | 29.2 (28.1–30.3) |

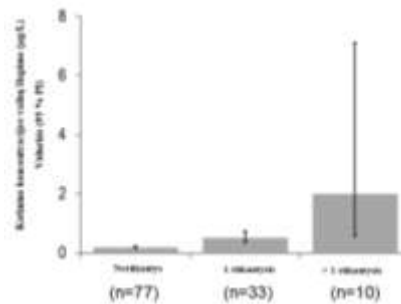
N – dalyvių skaičius, LOQ – nustatymo riba; GM – geometrinis vidurkis, 95% PI – 95% pasikliautiniai intervalai.  
<sup>b</sup> Suma 3 DEHP-metabolitų: MEHP + 5OH-MEHP + 5oxo-MEHP.

Be to, nustatyta, kad 5-8 metų vaikų šlapime yra didesnės koncentracijos ftalatų metabolitų nei 9-10 metų vaikų šlapime (5 pav.). Paaiškėjo, kad didesnės MBzP ir MiBP ftalatų metabolitų koncentracijos motinų ir vaikų šlapime bei MnBP metabolitų koncentracijos vaikų šlapime yra kai namuose yra polivinilinė grindų danga. Dažnesnis asmens higienos priemonių naudojimas didina MEP metabolitų lygį motinos ir vaiko šlapime ir MiBP lygį – vaikų šlapime (Den Hond et al., 2015).



**5 pav.** Ryšys tarp ftalatų metabolitų koncentracijų (µg/L) ir vaikų amžiaus (tiesinės regresijos duomenys)

**Fig. 5.** Determinants of urinary phthalate metabolites (µg/L): multiple regression model in children.



**4 pav.** Kotinino koncentracijos (µg/L) vidurkis vaikų šlapime ir rūkančių asmenų skaičius namuose

**Fig. 4.** Urinary cotinine concentrations in children by number of smokers in the household

Biomonitoringo duomenimis, 98 % vaikų šlapime aptikti MEP ftalatų metabolitai, 99,9 % – MnBP ftalatų metabolitai (3 lentelė) (Schindler et al., 2017). Vaikų šlapime ftalatų koncentracijos (išskyrus MEP metabolitus) nustatytos didesnės nei motinų (Den Hond et al., 2015).

Koch ir Calafat (Koch, Calafat, 2009) duomenimis, pagrindinis DEHP ftalatų patekimo į organizmą šaltinis yra maistas. Nustatytas statistškai reikšmingas ryšys tarp DEHP metabolitų ir kramtomosios gumos bei ledų vartojimo dažnio (Den Hond et al., 2015).

Tolesnis ftalatų biomonitoringas išaiškintų svarbiausius individualius ftalatų ekspozicijos šaltinius, patekimo į organizmą kelius ir sukeltas pasekmes ir padės nustatyti priežastinius ryšius tarp ekspozicijos ir pasekmių vaikų sveikatai.

**Išvados**

1. Žmogaus biomonitoringo programa padės geriau suprasti įvairių cheminių medžiagų ekspozicijos poveikį žmogaus sveikatai.
2. Ši programa nuties „tiltą“ tarp mokslo ir politikos atstovų, o glaudus bendradarbiavimas sudarys prielaidas saugiai aplinkai sukurti ir įgyvendinti Jungtinių Tautų Darnaus vystymosi programos 11 tikslą.
3. Žmogaus biomonitoringo duomenys pasitarnaus vertinant sveikatos riziką, kuriant nacionalines prevencines programas.

## Literatūra

- BALČIUS, G., GRAŽULEVIČIENĖ, R. Phthalates in the Lithuanian Environment and the Need for Human Biomonitoring. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba*, 2012, 2(60): 5–11.
- BERTELSEN, R. J., CARLSEN, K. C. L., CALAFAT, A. M., et al. Urinary biomarkers for phthalates associated with asthma in Norwegian children. *Environ. Health Perspect.*, 121: 251–256.
- CDC. Center for Disease Control and Prevention. 2009.
- DEN HOND, E., GOVARTS, E., WILLEMS, H., et al. First Steps toward Harmonized Human Biomonitoring in Europe: Demonstration Project to Perform Human Biomonitoring on a European Scale. *Environmental Health Perspectives*, 2015, 123(3): 255–63, doi:10.1289/ehp.1408616.
- DUDUTYTE, Z., MANUSADŽIANAS, L., ŠČEPONAVIČIŪTĖ, R. Report on Dangerous Substances in the Aquatic Environment of Lithuania. Environmental Protection Agency of Lithuania, 2007, <http://gamta.lt/cms/index?rubricId=3286b5eb-7ee8-413c-8f84-fc2d613de35a>.
- EJAREDAR, M., NYANZA, E. C., TEN EYCKE K., et al. Phthalate exposure and childrens neurodevelopment: A systematic review. *Environ Res.*, 2015, 142: 51–60.
- GRAZULEVICIENE, R., ANDRUSAITYTE, S., UZDANAVICIUTE, I., et al. The impact of tobacco smoke exposure on wheezing and overweight in 4-6-year-old children. *Biomed Research International*, 2014, doi: 10.1155/2014/240757.
- GRAŽULEVIČIENĖ, R. Europos Bendrosios programos mokslo projektai aplinkos ir sveikatos politikai Europoje įgyvendinti. *Žmogaus ir gamtos sauga*, 2015, 77–81.
- GRAŽULEVIČIENĖ, R., DANILEVIČIŪTĖ, A. Integruotos ankstyvojo gyvenimo aplinkos ekspozicijos poveikio vaikų sveikatai Europoje tyrimo projektas HELIX. *Žmogaus ir gamtos sauga*, 2013, 53–56, ISSN 1822-1823.
- JOAS, A., KNUDSEN, L.E., KOLOSSA GERING, M., et al. Policy recommendations and cost implications for a more sustainable framework for European human biomonitoring surveys. *Environ. Res.*, 2015, 141: 42–57.
- KIM, S.H., PARK, M.J. Phthalate exposure and childhood obesity. *Ann Pediatr Endocrinol Metab*, 2014, 19 (2): 69–75.
- KIMBER, I., DEARMAN, R.J., BASKETTER, D.A. Diisocyanates, occupational asthma and IgE antibody: implications for hazard characterization. *Journal of Applied Toxicology*, 2014, 34(10): 1073–1077.
- KOCH, H.M., CALAFAT, A.M. Human body burdens of chemicals used in plastic manufacture. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, 2009, 364: 2063–2078.
- ROBINSON, L., MILLER, R. The Impact of Bisphenol A and Phthalates on Allergy, Asthma, and Immune Function: A Review of Latest Findings. *Curr Environ Health Rep.*, 2015, 2(4): 379–387.
- SCHINDLER, B. K., ESTEBAN, M., KOCH, H., M., et al. The European COPHES/DEMOCOPHES project: Towards transnational comparability and reliability of human biomonitoring results. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2014, 217(6): 653–661.
- SCHINDLER, B. K., SEIWERT, M., FIDDICKE, U., et al. Human biomonitoring pilot study DEMOCOPHES in Germany: Contribution to a harmonized European approach. *International Journal of Hygiene and Environmenat Health*, 2017. In press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheh.2017.01.012>
- WHYATT, R. M., PERZANOWSKI, M. S., JUST, A. C., et al. Asthma in inner-City children at 5–11 years of age and prenatal exposure to phthalates: the columbia center for children's environmental health cohort. *Environ. Health Perspect*, 2014, 122: 1141–1146.
- XU, X., YAVAR, Z., VERDIN, M., et al., Effect of early particulate air pollution exposure on obesity in mice: role of p47phox. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.*, 2010, 30(12): 2518–2527. doi: 10.1161/ATVBAHA.110.215350.
- ZHANG, Y., MENG, X., CHEN, L., et al. Age and Sex-Specific Relationships between Phthalate Exposures and Obesity in Chinese Children at Puberty. *PLOS*, 2014, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0104852>

Sandra Andrušaitytė, Regina Gražulevičienė

## Human biomonitoring and Exposome assessment in HELIX project

## Summary

Epidemiological studies have shown growing prevalence of chronic diseases associated with chemical environment pollution. The European Commission in order to determine the current chemical exposure in Europe, initiated Human biomonitoring program that covers all of the European Union countries. Seeking to clarify the mechanisms and the total environmental exposure-Exposome (chemical substances sources from the food products, behaviour, work and living environment) effects on health were initiated 7FP HELIX and HBM4EU projects. At the individual level carried out biomonitoring of the mother-child pairs shows the chemical substances entering into the body by all routes (through the digestive system, respiratory system and skin). These data are used for assessment exposure associations with children's physical and mental development and allergic diseases. Research data will be used for the review of the work and living environment hygiene norms, creating a safe environment in the European region and for implementation of the United Nations Sustainable Development Programmes 11 Goal (SDG-11 on sustainable cities and communities).

*Europa Komisija, Human Biomonitoring, HELIX*

Gauta 2017 m. kovo mėn., atiduota spaudai 2017 m. balandžio mėn.

**Sandra ANDRUŠAITYTĖ.** Vytauto Didžiojo universiteto Aplinkotyros katedros lektorė. Adresas: Vileikos g. 8-230, LT-44404 Kaunas, Lietuva. Tel. (8 37)32 79 04, el. paštas: [sandra.andrusaityte@vdu.lt](mailto:sandra.andrusaityte@vdu.lt)

**Sandra ANDRUŠAITYTĖ.** Vytautas Magnus University, Department of Environmental Sciences, lecturer. Address: Vileikos g. 8-230, LT-44404, Kaunas, Lithuania. Tel. (8-37) 32 79 04, e-mail: [sandra.andrusaityte@vdu.lt](mailto:sandra.andrusaityte@vdu.lt)

**Regina GRAŽULEVIČIENĖ.** Vytauto Didžiojo universiteto Aplinkotyros katedros profesorė, habilituota daktarė. Adresas: Vileikos g. 8-224, LT-44404, Kaunas, Lietuva. Tel. (8-37) 32 79 04, El.paštas: [regina.grazuleviciene@vdu.lt](mailto:regina.grazuleviciene@vdu.lt)

**Regina GRAŽULEVIČIENĖ.** Vytautas Magnus University, Department of Environmental Sciences, Professor, Doctor Habil. Address: Vileikos g. 8-224, LT-44404, Kaunas, Lithuania. Tel. (8-37) 32 79 04, E-mail: [regina.grazuleviciene@vdu.lt](mailto:regina.grazuleviciene@vdu.lt)