



# VIRI KADMIJA IN NEVARNOST ZA ČLOVEKA

**Breda Vičar**

# Kadmij težka- potencialno toksična kovina

Izraz **težke kovine** se uporablja za elemente, ki imajo večjo specifično težo (nad  $5 \text{ g/cm}^3$ ).

- Težke kovine: **Cd**, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn, Cr, Hg, Co, Mo, As (rastline potrebujejo Cu, Mn, Fe, Zn, Mo, ostalih ne; esencielne za ljudi so npr: Cu, Zn, Fe).
- Kadmij nima nobene bistvene biološke funkcije za ljudi, živali in rastline.



# Kadmij težka – potencialno toksična kovina

- Za večino kovin (ne glede na potrebe v prehrani živih organizmov) velja, da povečane koncentracije v okolju lahko povzročijo negativne učinke.
- ❖ Koncentracija posamezne kovine v okolju ali več kovin hkrati je zelo redko tako velika, da povzroča akutne zastrupitve ali močno fitotoksičnost;
- ❖ lahko pa zaradi dolgotrajne izpostavljenosti delujejo kronično.

Vir: [http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/agronomija/dd\\_zupan\\_marko.pdf](http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/agronomija/dd_zupan_marko.pdf)



# Viri kadmija in uporaba

Kadmija v naravi ne najdemo kot čisto kovino. Prisoten v različnih spojinah v zemeljski skorji, v rudah s cinkom, bakrom in svincem, v fosilnih gorivih, kot nečistoča v fosfatnih mineralnih gnojilih, v cementu

**Uporablja se za izdelavo električnih baterij (Ni-Cd), pri pridobivanju raznih zlitin, v industriji barvil in lakov, plastike, za zaščito proti koroziji jekla, za solarne panele**

Vir: <https://www.cadmium.org/>





# Viri kadmija v okolju

**V tleh** se pojavlja kot posledica preperevanja matične kamninske osnove, v okolje se sprošča kot posledica gozdnih požarov, vulkanskih izbruhov (**naravni viri**).

**V okolje se sprošča tudi zaradi človekovih dejavnosti (antropogeni viri):**

- rudarjenje in taljenje rud,**
- atmosferski depoziti** (izgorevanje fosilnih goriv, sežiganje odpadkov),
- industrija** (pridelava in predelava plastike, solarni paneli....),
- kmetijstvo** (fosfatna mineralna gnojila- Cd primes, hlevski gnoj, *perutninski gnoj* in druga organska gnojila).

# Izpostavljenost človeka Cd

**-z dihanjem** - izpostavljenost preko zraka je večja na industrijskih območjih in pri kadilcih  
*kadilci vnesejo s kajenjem toliko Cd kot s hrano*



**-z vodo** - onesnaženi vodni viri, uporaba neustreznih materialov, ki prihajajo v stik z vodo- nečistoče  
v pocinkanih ceveh, spojkah, grelnikih ali hladilnikih vode, pipah)



**-s hrano** - onesnaženost hrane je v večji meri posledica onesnaženosti tal, lahko tudi vode



**-z zaužitjem** onesnaženih tal (otroci)



**-preko kože** (absorpcija zelo majhna)

# Absorbcija in izločanje Cd

- Večina zaužitega kadmija se preko prebavnega trakta izloči.
- Iz prebavnega trakta v telo preide 3-5 % vnesenega kadmija, ki se v največji meri **nalaga v ledvicah (cca. 50 %)**, 15% v jetrih in 20 % v mišicah.
- Preko dihal (onesnažen zrak, industrijski prah in hlapi, cigaretni dim) skozi pljuča v krvni obtok preide 10-50 % Cd.
- Iz telesa se počasi izloča (razpolovna doba je 16-30 let)

# Škodljivost kadmija za ljudi

- Kopičenje kadmija v ledvicah **povzroči okvaro ledvic**.
- Kopičenje kadmija v telesu lahko povzroča **osteomalacijo** (mehčanje kosti) ali **osteoporozo** (izguba gostote in krhkost kosti). O boleznih kosti, ki je posledica izpostavljenosti kadmiju v okolju, so poročali le pri ljudeh iz močno onesnažene regije na Japonskem (bolezen Itai-itai)
- Kadmij je dokazano **rakotvoren za človeka** (večina študij rakotvornosti je bila opravljena med poklicno izpostavljenimi visokim koncentracijam kadmija v zraku z vdihavanjem).
- Kadmij dokazano povzroča **raka pljuč**, obstajajo pa omejeni dokazi, da je povezan s pojavom raka na ledvicah, jetrih in prostati.
- V nekaterih študijah so opisani primeri pojava raka na mehurju, dojki in maternici.



# Učinki kadmija na zdravje

Rezultati študij kažejo na šibko povezavo med izpostavljenostjo kadmiju in pojavom **kardiovaskularnih bolezni** (visok krvni pritisk, srčna kap).



Za spremljanje dolgotrajnih vplivov kadmija na zdravje ljudi in na njegovo vlogo kot dejavniku tveganja za bolezni srca in predvsem ožilja, bodo potrebne nadaljnje raziskave.

Vir: <https://nijz.si/moje-okolje/varnost-zivil/kadmij-v-zivilih/>

# Sprejemljiva izpostavljenost preko hrane

Sprejemljiv tedenski vnos **Cd je 2,5  $\mu\text{g/kg}$  oz. 0,0025 mg na kilogram telesne mase na teden** (Za 70 kg težko osebo to pomeni 0,175 mg/teden)

Sprejemljiv tedenski (STV) vnos je ocena količine onesnažila v živilu ali pitni vodi, ki se lahko tedensko zaužije **brez občutnega tveganja na zdravje** (Duffus, 2000).

**V kolikor onesnažila (npr. kadmij), ki imajo dolgo razpolovno dobo, za kratek čas prekoračijo STV, nimajo večjega vpliva na obremenitve telesa** (Larsen, 2006).

Med najbolj ogrožene skupine zaradi izpostavljenosti kadmiju preko živil sodijo otroci.

# Izpostavljenost Cd je pri odrasli populaciji večja

**Okoljska izpostavljenost-** pri ljudeh, ki živijo na onesnaženem območju

**Prehranske navade-** vegetarijanska prehrana predstavlja več tveganja, kot mešana

**Vrste živil-** npr. školjke, drobovina lahko vsebujejo visoke količine Cd

**Kadilci-** kadmij v tobaku

**Ženske** –imajo večjo vsebnost Cd v ledvicah, urinu, krvi kot moški.

Diabetiki in ljudje z obolenji ledvic – bolj občutljivi



<https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=129285&lang=slv>

# UKREPI

## **-Pri nekadilcih so glavni vir kadmija živila**

- EK sprejela vrsto zakonodajnih ukrepov:
- > zmanjšanje predpisane največje koncentracije Cd v živilih: Uredba Komisije (EU) 2023/915 z dne 25. aprila 2023 o mejnih vrednostih nekaterih onesnaževal v živilih in razveljavitvi Uredbe (ES) št. 1881/2006
- > določitev največje koncentracije v gnojilih: Uredba (EU) 2019/1009 o določitvi pravil o omogočanju dostopnosti sredstev za gnojenje EU na trgu
- > predpisano preverjanje vsebnosti kadmija v tleh
- > predlogi dobrih kmetijskih praks in priporočil potrošnikom o količinah in ravnanju z določenimi živali

# Predpisane normativne vrednosti Cd v tleh

Na ravni EU ni skupnega soglasja o mejnih vrednostih kadmija v tleh za opredelitev tveganja. Države članice imajo različen pristope k določanju mejnih vrednosti, ki se gibljejo od 0,5 mg/kg na Danskem do 2 mg/kg v Avstriji in 5 mg/kg na Slovaškem.

V Sloveniji velja **Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh** (Uradni list RS, št. [68/96](#) in [41/04](#) – ZVO-1), v kateri so za 10 težkih kovin (kadmij, baker, nikelj, svinec, cink, krom, živo srebro, kobalt, molibden in arzen) predpisane tri normativne vrednosti.

# Mejna, opozorilna in kritična imisijska vrednost Cd v tleh

| Mejna vrednost Cd<br>(mg/kg suhe snovi) | Opozorilna vrednost Cd<br>(mg/kg suhe snovi) | Kritična vrednost Cd<br>(mg/kg suhe snovi) |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1                                       | 2                                            | 12                                         |

Mejna imisijska vrednost je gostota posamezne nevarne snovi v tleh, ki praviloma ne predstavlja negativnih vplivov na človeka in okolje

Opozorilna vrednost – pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov na zdravje človeka in okolje

Kritična vrednost – zaradi škodljivih vplivov na zdravje človeka in okolje taka tla niso primerna za pridelavo rastlin, ki so namenjena prehrani ljudi in živali

**Mejna vrednost za svinec je npr. 85, arzen 20, živo srebro 0,8, za baker pa 60 mg/kg SS**

# Meritve Cd v Prekmurju niso kazale preseganj MV za Cd

## OBREMENITVE TAL S KADMIJEM IN DRUGIMI TEŽKIMI KOVINAMI

### Rezultati merjenja kovin v tleh v Prekmurju

| Občina ime       | Datum vzorčenja | Globina<br>cm | Hg<br>mg/kg | Cd<br>mg/kg | Pb<br>mg/kg | Zn<br>mg/kg | Tl<br>mg/kg | Mo<br>mg/kg | Cu<br>mg/kg | Co<br>mg/kg | As<br>mg/kg | Ni<br>mg/kg | Cr<br>mg/kg | V<br>mg/kg | Se<br>mg/kg | Mn<br>mg/kg | F<br>mg/kg |
|------------------|-----------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|------------|
| ROGAŠOVCI        | oktober 2001    | 20            | 0           | 0,13        | 32,8        | 88          | 0,77        | 0,88        | 30,7        | 20,4        | 10,4        | 42,3        | 91          | 95,7       | 1,54        | 1152        |            |
| KUZMA            | oktober 2010    | 20            | 0,058       | 0,17        | 13          | 54          | 0,13        | 0           | 18          | 12          | 4,9         | 24          | 27          | 32         | 0           | 860         |            |
| GORNJI PETROVCI  | oktober 2007    | 5             | 0,17        | 0,19        | 37          | 35          | 0           | 0           | 6,8         | 4           | 2,6         | 6,5         | 6,9         | 10         | 0           | 270         |            |
| ŠALOVCI          | oktober 2001    | 5             | 0           | 0,28        | 26,9        | 73,9        | 0,72        | 0,34        | 17,1        | 14,6        | 9,48        | 9,01        | 63,2        | 68,3       | 1,53        | 874         |            |
| ROGAŠOVCI        | oktober 2010    | 5             | 0,096       | 0,19        | 20          | 65          | 0,24        | 0           | 23          | 18          | 9           | 28          | 33          | 42         | 0           | 880         |            |
| ROGAŠOVCI        | oktober 2010    | 20            | 0,11        | 0,13        | 16          | 62          | 0,2         | 0           | 23          | 15          | 5,6         | 33          | 38          | 45         | 0           | 830         | 130        |
| GRAD             | oktober 2010    | 20            | 0,075       | 0,19        | 14          | 65          | 0,16        | 0           | 23          | 15          | 16          | 30          | 35          | 43         | 0           | 810         |            |
| CANKOVA          | oktober 2010    | 20            | 0,067       | 0,12        | 21          | 50          | 0,24        | 0           | 18          | 19          | 9,8         | 24          | 38          | 52         | 0           | 970         |            |
| PUCONCI          | oktober 2010    | 20            | 0,075       | 0,19        | 17          | 51          | 0,15        | 0           | 18          | 17          | 11          | 24          | 29          | 37         | 0           | 840         |            |
| PUCONCI          | oktober 2004    | 5             | 0,07        | 0,27        | 23,7        | 73,3        | 0,24        | 0,47        | 25          | 13          | 14          | 32          | 33,3        | 36,7       | 0           | 700         |            |
| MORAVSKE TOPLICE | oktober 2007    | 5             | 0,08        | 0,27        | 23          | 59          | 0,23        | 0           | 14          | 13          | 8,7         | 18          | 13          | 50         | 0           | 900         | 190        |
| TIŠINA           | oktober 2001    | 5             | 0           | 0,28        | 30,6        | 71,7        | 0,69        | 0,31        | 12,7        | 9,1         | 7,31        | 13,2        | 60          | 58,2       | 1,5         | 658         |            |
| MURSKA SOBOTA    | oktober 2007    | 20            | 0,064       | 0,17        | 15          | 62          | 0,17        | 0           | 18          | 13          | 7,2         | 25          | 31          | 37         | 0           | 710         |            |
| MORAVSKE TOPLICE | oktober 2001    | 20            | 0           | 0           | 22,1        | 75,8        | 0,66        | 0,42        | 22,5        | 13,6        | 11,2        | 24          | 70,6        | 77,1       | 1,45        | 797         |            |
| MURSKA SOBOTA    | november 2005   | 20            | 0,15        | 0,16        | 19          | 660         | 0,2         | 0           | 18          | 9,7         | 8,6         | 33          | 28          | 35         | 0           | 800         | 270        |
| DOBROVNIK        | oktober 2008    | 20            | 0,058       | 0,12        | 19          | 61          | 0,31        | 0           | 18          | 9           | 8,7         | 24          | 36          | 48         | 0           | 330         |            |
| MURSKA SOBOTA    | oktober 2007    | 20            | 0,097       | 0,33        | 35          | 120         | 0,29        | 0           | 39          | 20          | 19          | 49          | 56          | 69         | 0           | 910         |            |
| BELTINCI         | oktober 2004    | 20            | 0           | 0,14        | 24,7        | 53,3        | 0,27        | 0,47        | 17,7        | 9           | 7           | 22          | 28,3        | 36,7       | 0           | 333         |            |
| LENDAVA          | november 2005   | 20            | 0,066       | 0,23        | 22          | 84          | 0,28        | 0           | 25          | 16          | 11          | 36          | 39          | 48         | 0           | 870         |            |
| LENDAVA          | oktober 2008    | 20            | 0,066       | 0,19        | 14          | 59          | 0,18        | 0           | 20          | 13          | 9,2         | 28          | 32          | 40         | 0           | 670         | 270        |
| LENDAVA          | oktober 2001    | 20            | 0           | 0,29        | 30,3        | 88,2        | 0,73        | 0,54        | 27,1        | 14,3        | 12,6        | 24,4        | 84,3        | 87,5       | 1,5         | 886         |            |
| LENDAVA          | oktober 2010    | 20            | 0,057       | 0,18        | 20          | 73          | 0,23        | 0           | 25          | 13          | 12          | 32          | 38          | 54         | 0           | 760         | 320        |

V Sloveniji je povprečna vrednost Cd v tleh 0,47 mg/kg suhih tal višja, kot v povprečju EU.

Tla v SLO niso močno onesnažena, razen nekateri izjem (s težkimi kovinami najbolj onesnažena območja Jesenic, Idrije, Celjske kotline in Zgornje Mežiške doline).

**Na kopičenje kadmija v gojenih rastlinah pomembno vplivata:**

- ✓ KONCENTRACIJA Cd v tleh in
- ✓ MOBILNOST Cd v tleh

# Različna sposobnost sprejema Cd iz tal s strani rastlin

Rastline imajo različno sposobnost za sprejem težkih kovin (tudi kadmija)

Težke kovine se v nekaterih delih rastlin kopičijo intenzivneje (Cd je največ v koreninah in listih, manj v steblih, najmanj pa v plodovih in semenih).

Poljščine, kot so koruza, strna žita odvzamejo in kopičijo manj Cd v delih rastlin, kot npr. listnata zelenjava. Med strnimi žiti odvzame največ Cd iz tal pšenica. Solata lahko npr. akumulira 50 X več kadmija kot oves.

Odvzem težkih kovin iz tal je lahko odvisen tudi **od sorte**.

# Odvzem Cd iz tal

Preglednica 1: Seznam vrtnin glede na sprejem (biodostopnost) kovin iz tal (Zupan in sod., 2016)

| <b>Dober sprejem – 1</b> | <b>Srednji sprejem – 2</b> | <b>Majhen sprejem – 3</b> | <b>Zelo majhen sprejem – 4</b> |
|--------------------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------------|
| špinača                  | pesa – koren               | zelje                     | fižol                          |
| endivija/radič           | repa – koren               | brstični ohrovt           | grah                           |
| korenje                  | redkvica                   | cvetača                   | kumare                         |
| pesa – zeleni del        | ogrščica                   | brokoli                   | paradižnik                     |
| kreša                    | krompir                    | zelena                    | paprika                        |
| solata                   | čebula                     | sladka koruza             | bučke                          |
| blitva                   | ohrovt                     | jagodičje                 | sadje                          |

# Mejne vrednosti za Cd v nekaterih živilih po uredbi\*

| ŽIVILA                                           | Mejne vrednosti (mg/kg mokre teže) |
|--------------------------------------------------|------------------------------------|
| Korenovke in gomoljnice razen spodaj navedenih   | 0,1                                |
| Redkev                                           | 0,02                               |
| Koren peteršilja, repa                           | 0,05                               |
| Rdeča pesa                                       | 0,06                               |
| Gomoljna zelena                                  | 0,15                               |
| Hren, pastinak, črni koren                       | 0,2                                |
| Čebulnice, razen česna in pora                   | 0,03                               |
| Česen, (por)                                     | 0,05 (0,04)                        |
| Plodovke, razen jajčevcev                        | 0,02                               |
| Jajčevci                                         | 0,03                               |
| Kapusnice, razen listnatih kapusnic              | 0,04                               |
| Listnate kapusnice                               | 0,1                                |
| Listna zelenjava, razen špinače in svežih zelišč | 0,1                                |
| Špinača in sveža zelišča                         | 0,2                                |
| Stročnice                                        | 0,02                               |
| Stebelna zelenjava, razen belušne zelene         | 0,03                               |
| Belušna zelena                                   | 0,1                                |

\*Uredba komisije (ES) št. 2023/915 dne 25. aprila 2023 o mejnih vrednostih nekaterih onesnaževal v živilih in razveljavitvi Uredbe (ES) št. 1831/2003 od aprila 2023

# Mejne vrednosti za Cd po uredbi

- Žita (razen rži, ječmena, riža, trde pšenice) – 0,10 mg/kg (pšenica prej 0,20 mg/kg)
- Rž in ječmen – 0,050 mg/kg (prej 0,1 mg/kg)
- Riž, kvinoja – 0,15 mg/kg (riž prej 0,2 mg/kg)
- Trda pšenica- 0,18 mg/kg
- Gobe, gojene – 0,050 mg/kg; gozdne 0,50 mg/kg (prej 1 mg/kg)
- Školjke – 1 mg/kg
- Meso govedi, svinj, ovac, perutnine (razen drobovine) – 0,050 mg/kg
- Ledvice goveda, ovc, prašičev, perutnine, konj – 1 mg/kg
- Čokolada od 0,1-0,8

\* Uredba komisije (ES) št. 2023/915 dne 25. aprila 2023 o mejnih vrednostih nekaterih onesnaževal v živilih in razveljavitvi Uredbe (ES) št. 1881/2006 od aprila 2023



# Prehranski viri

V EU so glavni prehranski viri kadmija: žita in žitni izdelki, zelenjava, oreščki, stročnice in živalska drobovina

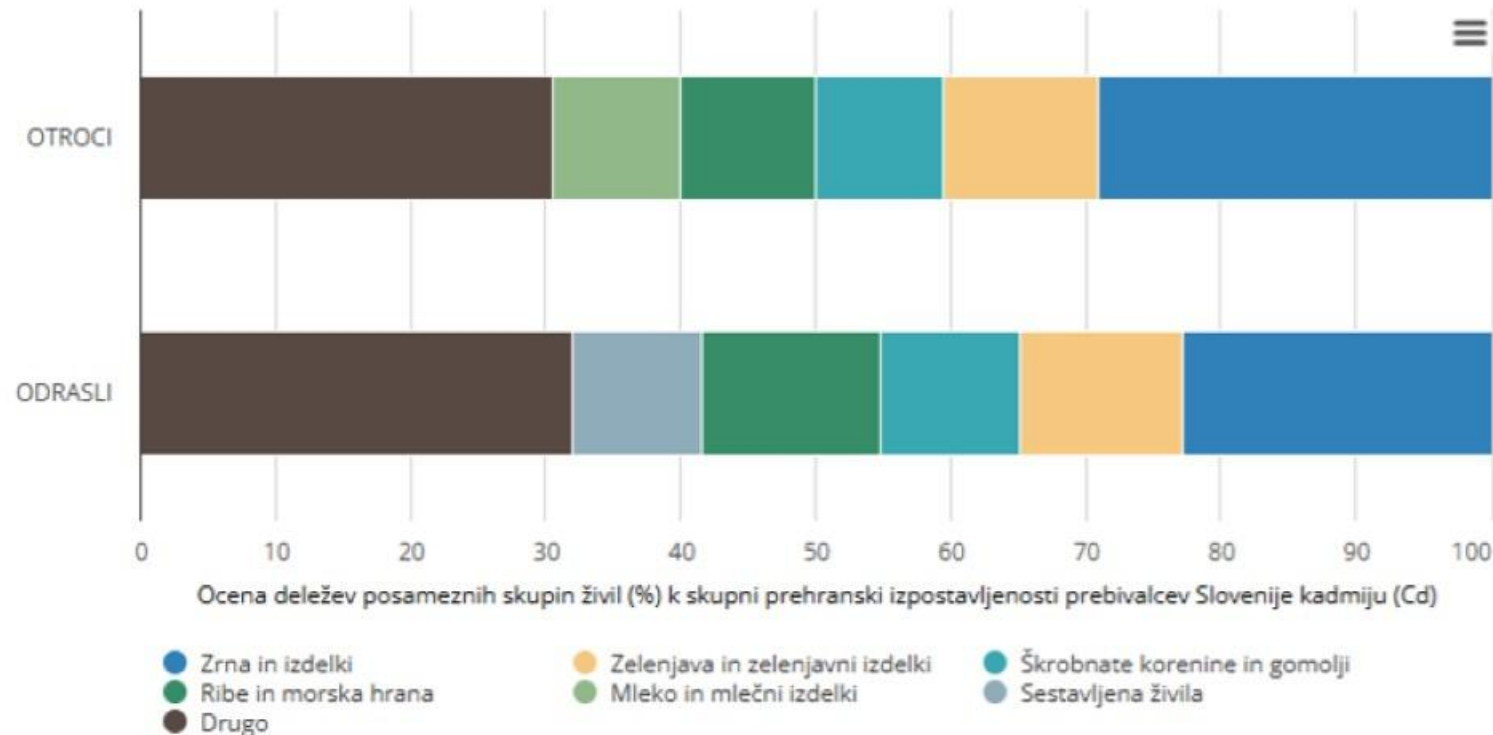
Povprečne vsebnosti kadmija v **rastlinah** so **pod 0,1 mg/kg**.

Več kadmija (**od 0,2 do 2 mg/kg**) se nahaja v **gobah, oljnih semenih in kakavovih zrnih**, največje koncentracije so bile najdene v **morskih algah, ribah in morskih sadežih**.

Vir: [https://nijz.si/wp-content/uploads/2023/09/kadmij\\_v\\_zivilih\\_26.9.2022.pdf](https://nijz.si/wp-content/uploads/2023/09/kadmij_v_zivilih_26.9.2022.pdf)

# Prehranski viri

**Slika ZD15-6:** Ocena deležev posameznih skupin živil k skupni prehranski izpostavljenosti prebivalcev Slovenije kadmiju (Cd) - 5 največjih (Kirinčič et al., 2019)



**Viri:** Poročila o izvajanju posameznih nalog, povezanih z uradnim nadzorom, ki ga izvajajo pristojni organi (od leta 2013 naprej Uprava RS za varno hrano, veterinarstvo in varstvo rastlin - UVHVR) za obdobje 2011 - 2016 ; Kirinčič et al., 2019. (3. 09. 2020)

# Uradni nadzor živil

|                                    | 2017                                                                                                 | 2018                                           | 2019                                    | 2020                                                         | 2021                                                       | 2022                                                 | 2023                               |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>zelenjava<br/>+<br/>krompir</b> | <b>11/163</b><br>korenje 2x<br>česen 2x<br>čebula 2x<br>krompir 2x<br>špinača, zelena, radič (6,7 %) | <b>3/139</b><br>korenje 2x<br>Radič<br>(2,2 %) | <b>4 / 106</b><br>korenje 4x<br>(3,8 %) | <b>4 / 174</b><br>korenje 2x<br>blitva<br>krompir<br>(2,3 %) | <b>5 / 162</b><br>korenje<br>česen 3x<br>čebula<br>(3,1 %) | <b>3 / 148</b><br>korenje<br>por<br>krompir<br>(2 %) | <b>3/98</b><br>korenje 3x<br>(3 %) |
| sadje                              |                                                                                                      |                                                |                                         | 10                                                           | 9                                                          | 10                                                   | 18                                 |
| žita                               | 30                                                                                                   | 3/46 6,5 %                                     | 27                                      | 2/32 6,25%                                                   | 29                                                         | 2/47 4,25 %                                          |                                    |
| začimbe                            |                                                                                                      |                                                | 5                                       |                                                              |                                                            |                                                      |                                    |
| alge                               |                                                                                                      |                                                |                                         |                                                              |                                                            |                                                      |                                    |
| soja                               |                                                                                                      |                                                |                                         | 1                                                            |                                                            |                                                      |                                    |
| oljnice                            |                                                                                                      |                                                |                                         |                                                              | 1                                                          | 10                                                   |                                    |
| kakav                              | 7                                                                                                    | 1                                              |                                         | 2                                                            |                                                            | 6                                                    |                                    |
| čokolada                           |                                                                                                      |                                                |                                         |                                                              |                                                            | 16                                                   |                                    |
| drugo                              |                                                                                                      |                                                |                                         |                                                              |                                                            |                                                      | 1/5                                |

# „Onesnaženi pridelki ne smejo na trg“

**Za učinkovito varovanje javnega zdravja se proizvodi z onesnaževali, ki presegajo mejno vrednost ne smejo dati v promet kot taki, ali pomešani z drugimi živili, ali uporabljeni kot sestavina v drugih živilih.**



**HVALA ZA VAŠO POZORNOST!**