

Možnosti pridelave hrane na zemljiščih s težkimi kovinami

Prejeto/
Received:
26. 11. 2023
Popravljeno/
Revised:
30. 12. 2023
Sprejeto/
Accepted:
31. 12. 2023
Objavljeno/
Published:
31. 12. 2023

Ana VOVK 

Univerza v Mariboru, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo; Maribor, Slovenija
ana.vovk@um.si

Izvleček

Težke kovine škodljivo vplivajo na prst, ker ovirajo procese humifikacije v prsti. V zemlji prisotne težke kovine se vgradijo v rastline in preidejo v prehranjevalno verigo ter povzročajo huda obolenja. Potrebno je izbrati ustrezen pridelovalni sistem, ki pa je odvisen od geografske lastnosti parcele kot so lastnosti prsti, matična kamnina oz. sediment, naklon, ekspozicija, smer vetra, odtok površinske vode in sevanja. V prispevku je prikazan primer rabe poplavljenih zemljišč s toksičnim muljem po poplavah z uporabo vertikalnih sistemov. Gre za pridelovalne pristope, kjer z nalaganjem biomas dvignemo pridelovalno površino in jo ločimo od osnovne zemljine. Ti pristopi omogočajo takojšnjo pridelavo hrane na varen način, saj koreninski sistemi rastlin niso v stiku z matično zemljino.

Ključne besede

Poplave, prst, voda, pridelovalni sistemi, težke kovine

Abstract

Possibilities of food production on land with heavy metals

Heavy metals present in the soil are incorporated into plants and enter the food chain, causing serious diseases. It is necessary to choose an appropriate cultivation system, which depends on the geographical characteristics of the plot, such as the properties of the soil, bedrock or sediment, slope, exposure, wind direction, surface water runoff and radiation. The article presents an example of the use of flooded land with toxic sludge after floods using vertical systems. These are cultivation approaches where, by loading biomass, we raise the cultivation area and separate it from the base soil. These approaches enable immediate food production in a safe manner, since the root systems of the plants are not in contact with the parent soil.

Keywords

Flood, soil, water, production system, heavy metals



© Avtor/Author,
2023



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru

1 Uvod

Prst je živi del narave in podpora celotnemu ekosistemu. Različni pritiski na prst neposredno vplivajo na procese v celotnem ekosistemu. Prst opravlja pomembne ekosistemske funkcije (Vovk Korže, 2008) za življenje na zemlji. Problematična je prisotnost težkih kovin v prsti (Vovk Korže, 2007), saj zavira pedogenetske procese, zlasti humifikacijo. Že ime težke kovine pove, da jih težko in počasi lahko odstranimo bodisi iz zemlje ali vode ali tudi telesa človeka, živali in rastlin.

Težke kovine so skupine kovin, ki močno poškodujejo živčevje in celo dedno zasnovano. So najpogostejši vzrok za nastanek avtoimunskih bolezni in bolezni živčnega sistema. Kronična zastrupljenost s težkimi kovinami povzroča bolezni, kot so: Alzheimerjeva bolezen, multipla skleroza, Parkinsonova bolezen, depresija, pozabljivost in Crohnova bolezen. Toksične težke kovine se lahko vežejo na vitalne celične komponente, kot so strukturne beljakovine, encimi, nukleinske kisline in motijo njihovo delovanje. Simptomi in učinki se lahko spreminjajo glede na kovine ali kovinske spojine in na velikost odmerka. Na splošno, dolgotrajna izpostavljenost strupenim težkim kovinam ima lahko učinke centralnega in perifernega živčnega sistema, rakotvorne in učinke krvnega obtoka. Veliko primerov poznamo, kako ljudje zbolevali zaradi težkih kovin (Jamšek, 2023).

Najbolj pogoste težke kovine, ki so zašle na površje Zemlje zaradi izkopavanja rud so svinec, cink, kadmij, arzen in živo srebro. Skupni viri teh kovin so rudarski in industrijski odpadki, avtomobilске emisije, svinčeni akumulatorji, tudi sintetična mineralna gnojila, barve in zastarela vodovodna infrastruktura. Največjo škodo povzročajo odlaganje kemikalij, uporaba sintetičnih gnojil in pesticidov. Najbolj škodljive kovine oz. elementi za zemljo so živo srebro, svinec, kadmij, nikelj in baker. Posledično so ogrožena območja v bližini rudnikov, tovarn, kmetij, obdelovalne površine, območja blizu avtocest, območja gostega prometa ter območja gosto naseljenih mest (Vrhovnik in Vovk, 2016).

Kot je zapisano na spletni strani Zadruga Konopko, so opravljene raziskave tal v Mestni občini Celje pokazale, da je širše območje Celja onesnaženo s težkimi kovinami. Prevladuje onesnaženje s kadmijem, cinkom in svincom. Prostorska razporeditev kadmija, cinka in delno tudi svinca je podobna. Največja vrednost omenjenih težkih kovin so bile določene v starem delu mesta ter na vzhodni industrijski strani mesta. Onesnažena tla se razprostirajo pretežno v smeri vzhod – zahod. Obremenjena tla v Celjski kotlini so zlasti odraz izrazitega razvoja industrije v 19. in 20. stoletju ter posledica kmetijstva, prometa in zgoščenega urbanega naselja. Na območju Celja so bili doslej izvedeni pilotni poizkusi različnih tehnik sanacije na manjših območjih. Na vrtnih tleh je bila preizkušena tehnika odstranjevanja onesnažil s čiščenjem tal in dodajanjem zeolitov (naravni materiali, ki imajo sposobnost v sebi zadržati neko snov) v tla. Z imobilizacijsko tehniko je bilo predelano nekaj več kot 15 tisoč kubičnih metrov onesnaženih zemeljskih izkopov na območju stare Cinkarne (Zadruga Konopko, 2016).

Onesnaženost prsti močno ogroža naravno vegetacijo. V rastlinah se lahko pojavi visok delež toksičnih substanc, ki po prehrabnem ciklu pridejo tudi v človeka (Ožek, 2014). Prisotnost težkih kovin tudi zmanjša rodovitnost tal zaradi motenj v pedogenezi. Težke kovine, kot so baker, cink in molibden, so sicer esencialni elementi za rastline in organizme, vendar le do določene mere. Povišane koncentracije teh

elementov hitro zmanjšajo rodovitnost tal, saj vplivajo na rast rastlin in imajo v večjih koncentracijah toksični učinek (Šterbenc, 2010; Living Soil, 2018).

Takšen primer je bil avgusta 2023, ko so poplave naplavile velike količine mulja z visoko vsebnostjo težkih kovin. Koncentracijo težkih kovin so povzročile tudi silovite poplave, zlasti na širšem območju reke Meže je voda razgalila ogromno površin in odplaknila težke kovine ne samo v reke, ampak na obsežne površine njiv, vrtov in ob hišah ter v njih. Poplavljenih rastlin ni dovoljeno uživati zaradi možnosti bolezni, ki se razvijejo ob součinkovanju neznanih komponent, zlasti kanalizacija je prišla v stik tako z rastlinami kot zemljo. Posebej je treba biti pozoren na uporabo rastlin iz njiv in vrtov, da ne preidejo v prehranjevalno verigo, tudi ne za živali, saj lahko podležejo številnim boleznim. Prav tako je treba biti pozoren pri prsti, ne samo na njivah in vrtovih, tudi na travnikih. Prsti so porozne in so v sebe vgradila različna onesnaževala, ki so tam tudi ostala, zato se ne bodo na hitro izločila. Obsežne kmetijske površine (njive in vrtovi) so bile namreč poplavljene z deročo vodo hudournikov, ki je v sebi nosila številna onesnažila in jih odlagala.

Tudi v mednarodnem merilu postaja v javnosti varnost hrane velika skrb. Kitajski raziskovalci (Zaynab et al. 2022) so zbrali 465 objavljenih dokumentov o stopnjah onesnaženosti s težkimi kovinami. Rezultati so pokazali, da ima Cd najvišjo stopnjo onesnaženosti 7,75 %, sledijo Hg, Cu, Ni in Zn, Pb in Cr pa imata najnižjo stopnjo onesnaženosti, nižjo od 1 %. Skupna stopnja onesnaženosti kitajskih kmetijskih zemljišč je bila 10,18 %, predvsem s Cd, Hg, Cu in Ni. Človekove dejavnosti rudarjenja in topilništva, industrije, namakanja z odplakami, razvoja mest in uporabe gnojil so sproščale določene količine težkih kovin v tla, kar je povzročilo onesnaženje tal kmetijskih zemljišč. Glede na prostorske variacije pridelave žita je bilo približno 13,86 % pridelave žit prizadeto zaradi onesnaženja tal kmetijskih zemljišč s težkimi kovinami (Zaynab et al. 2022).

Dva ključna procesa, ki določata izpostavljenost težkim kovinam v vrtačkarstvu sta uživanje zelenjave s preveliko vsebnostjo težkih kovin, uživanje neumite zelenjave in nenamerni vnosi onesnaženih tal v usta (Markelc, 2008). Zato je potrebna posebna pozornost koncentraciji težkih kovin v tleh, saj preko užitnih rastlin in prehranske verige lahko vstopajo v živalski in človeški organizem težke kovine (Romih, Grabner, in Lasnik Ribarič, 2011).

Zanimanje za vsebnost težkih kovin je tudi v zeliščih, ki veljajo za zdravilne rastline in se uporabljajo za zdravljenje številnih bolezenskih obolenj. Čaj kot najbolj pogost pripravek iz zdravilnih rastlin vsebuje različne vrste emisij od prometa, odlaganja odpadkov, kemičnih preparatov, izgorevanja fosilnih goriv in fitofarmacevska sredstva, če so rastline rastle na tovrstnih rastiščih (Vovk Korže, 2015a; Mavrič, 2014).

2 Metodologija

S težkimi kovinami v tleh se ukvarja ekoremediacija že desetletja in sicer na področju fitoremediacije, to je odstranjevanja in zmanjševanja vpliva težkih kovin z izbranimi rastlinami. S fitoremediacijo so v preteklosti oživili prst v Mežiški dolini in tudi drugje po svetu poročajo o pozitivnih učinkih rastlin na zmanjšanje onesnaženosti (Vovk Korže, 2015a). Po poplavah avgusta 2023 pa se je pojavil dodatni problem, in sicer da se je na vrtovih in njivah akumuliralo veliko mulja onesnaženega s težkimi

kovinami. Zato je bilo potrebno raziskati možnosti pridelave hrane na območjih z onesnaženo zemljo in to na Koroškem, v Savinjski dolini ter na Ljubljanskem polju.

Nasveti, ki smo jih pripravili za poplavna območja v preteklosti izhajajo iz spoznanja, da fitoremediacijske rastline kot so bilnice, šaši, trstičevje, vrbe, buče, tobak in konoplja zadržijo na koreninah težke kovine in jih naredijo nemobilne, a postopek takega čiščenja traja predolgo (Vovk Korže in Janškovec, 2009), zato je bilo potrebno iznajti druge rešitve.

Predlog možnosti pridelave hrane na onesnaženih območjih s težkimi kovinami je zasnovan na izbiri vertikalnih pridelovalnih sistemov, ki omogočajo zaradi značilnosti humifikacijskih procesov varno pridelavo hrane. Vertikalni sistemi so skupine pridelovalnih sistemov, ko so visoke grede, dvignjene grede, podpobočne grede, kompostne in ogljikove grede, njihova skupna značilnost je, da so dvignjene nad površino 30 cm ali več. Odstranjevanje mulja iz poplavnih površin ni vedno možno, zato smo razvili nove sisteme pridelave, ki vključujejo tudi prilagoditev rastlin na privzem težkih kovin in drugih onesnažil. S kombinacijskimi metodami pridelovalnih sistemov in izbora rastlin se lahko izognemo neugodnim posledicam poplavljenega mulja na pridelovalnih površinah.

Pred 11 leti smo začeli testirati tovrstno metodo na območju Dravskega polja, ki ga je leta 2012 poplavlila reka Drava s težkimi kovinami reke Meže, takrat je bila poplavljen večina vrtov na širšem območju južno od Maribora. Uporaba vertikalnih sistemov se je izkazala kot koristna, saj rastline rastejo v povsem novi plasti prsti in ne vsrkavajo težkih kovin iz tal.

Poleg izkušenj svetovanja in urejanja vertikalnih sistemov pridelave na onesnaženih zemljišč poteka raziskava vertikalnih sistemov na območju Učnega poligona za samooskrbo Dole. Namreč bistvo vertikalnih pridelovalnih sistemov ni samo v tem, da nastane nova prst za rast rastlin, temveč da le teh ni potrebno dodatno zalivati, da imajo akumulirano biomaso s poudarkom na ogljiku in da je pridelek večji kot na običajni konvencionalni rabljeni površini, kar je tudi značilnost akumuliranih kompostnih materialov. Torej vertikalni sistemi so bolj trajnostno naravnani in podpirajo večjo samooskrbo, zlasti na območjih z omejenimi pogoji kmetovanja.

Način izbire vertikalnih sistemov izhaja in geografskih danosti prostora, saj le ta določa možnost postavitve posameznega pridelovalnega sistema. Zato je najprej potrebna geografska analiza izbranega obdelovalnega prostora, ki zajema 9 faz, predstavljenih v nadaljevanju (Korak 1 do korak 9).

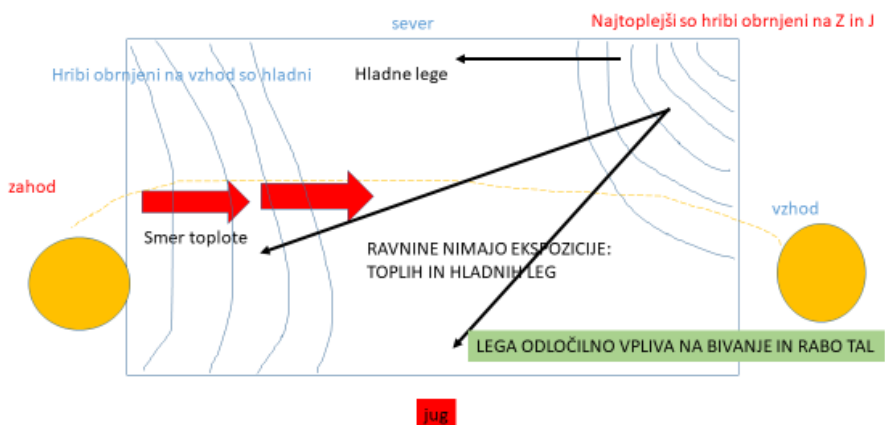
Na osnovi geografske analize se izbere pripadajoči vertikalni sistem, za potrebe svetovanja na območju Savinjske doline smo vključili za vrtičke visoke grede in dvignjene grede, za kmetovalce pa gomile, podpobočne obdelovalne sisteme ter ogljikove kompostne sisteme. Navedeni sistemi spadajo med permakulturne pridelovalne sisteme in so prilagojeni slabim pogojem pridelave hrane.

Številne raziskave prikazujejo dobre učinke regenerativnih, to je obnovitvenih postopkov pri varovanju prsti, zato bo v prihodnje potrebno razširiti in spremeniti pridelovalne sisteme (Chesapeake Bay Foundation, 2021; Gosar idr., 2019; Morgan, 1999; Evropska agencija za okolje, 2020).

3 Rezultati

Za uporabo vertikalnih sistemov pridelave, ki veljajo kot varni pred vnosom onesnažil, zlasti težkih kovin, je treba na terenu izpeljati poizvedbo o stanju parcele, in sicer po naslednjih korakih, kot so prikazani v nadaljevanju. Tovrstno tehniko smo uporabili na območju Savinjske doline in je uporabna tudi pri načrtovanju pridelave na območjih z omejenimi pogoji kmetovanja. Poslužujejo se je tudi vrtničarji, ki željo povezati naravne razmere s pridelavo. Na sliki 1 je prikazan pomen upoštevanja strani neba pri vzpostavljanju vertikalnih sistemov. Na gričevnatih in hribovitih legah postavljamo vertikalne sisteme tako, da se sonce v njih ne upira, saj bi jih preveč izsušilo. Zato praviloma postavljamo te sisteme na ravnih površinah, ki so tudi pogosteje izpostavljene onesnaženju s težkimi kovinami zaradi poplavl in kmetovanja.

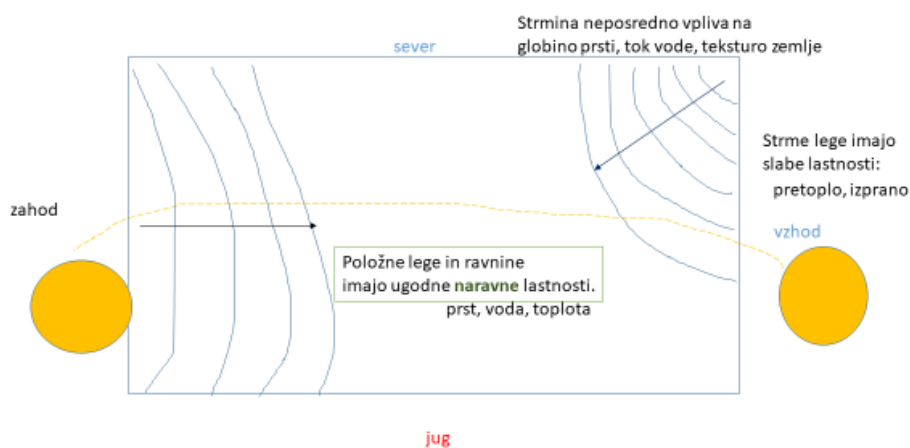
1. Korak: Orientacija ter tople in hladne lege na parceli-posesti



Slika 1: Tople lege imajo prednost pri postavljanju vertikalnih pridelovalnih sistemih. Vir: Avtorica, 2023.

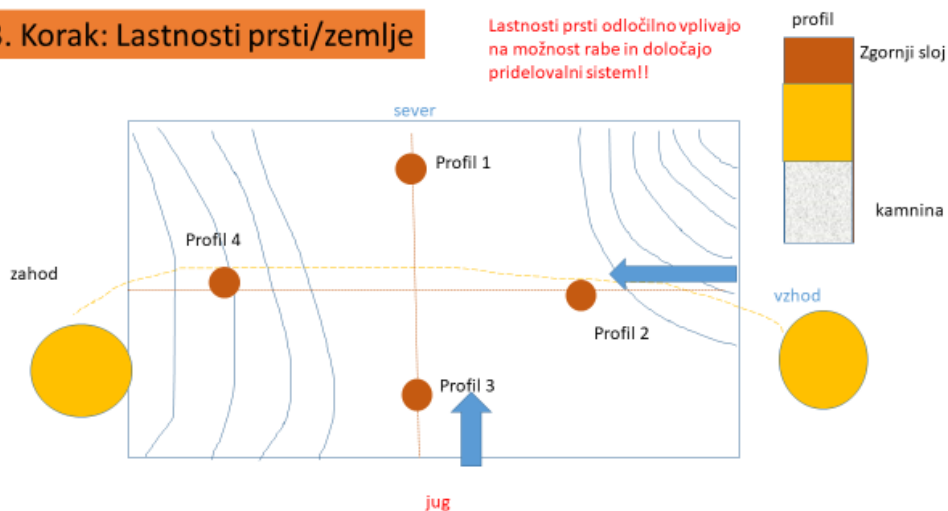
Pomembno je tudi upoštevati strmino pobočja, ki neposredno vpliva na globino prsti, na njene lastnosti in smer toka vode (Slika 2). Vrsto pridelovalnega sistema določamo glede na lastnosti prsti. Zato vključimo analizo prsti na novi vzorčno izkopanih profilov, le ti nam dajejo vpogled v stanje prsti (Slika 3). Voda odteka po površju do najnižjih leg in s sabo odnaša glinaste delce ter jih akumulira na vznožjih pobočij (Slika 4). Odtok in zadrževanje vode sta pomembna dejavnika za izbiro načina pridelave. Zlasti v sušnem obdobju je pomembno, koliko vode ostane v zemlji, saj padavinska voda večinoma izhlapi (Slika 5). Zaradi neugodnega učinka vetra, ki odnaša ali poškoduje vertikalne sisteme, se izogibamo leg stalnih vetrov. Le ti so neugodni tudi pri uporabi zastiranja, ki je nujno pri zaščiti prsti (Slika 6). V sistemu permakulture je bistveno, da upoštevamo avtohtono vegetacijo na način, da jo vključimo v pridelovalni sistem (Slika 7). Pri načrtovanju rabe tal upoštevamo tudi dostopnost, zlasti ko vgrajujemo vertikalne sisteme, ki jih ni tako enostavno prestavljati. Zato je poznavanje dohodnih poti nujno (Slika 8). Sevanja so že od nekdaj veljala kot negativni dejavnik, ki se mu lahko izognemo. Pri postavljanju vertikalnih sistemov spremljamo zlasti vodna sevanja, pa tudi zemeljska (Slika 9) (Vovk, 2013).

2. Korak: Naklon ali strmina



Slika 2: Nagnjenost površja pomembno vpliva na odtok padavinske vode in prst.
Vir: Avtorica, 2023.

3. Korak: Lastnosti prsti/zemlje



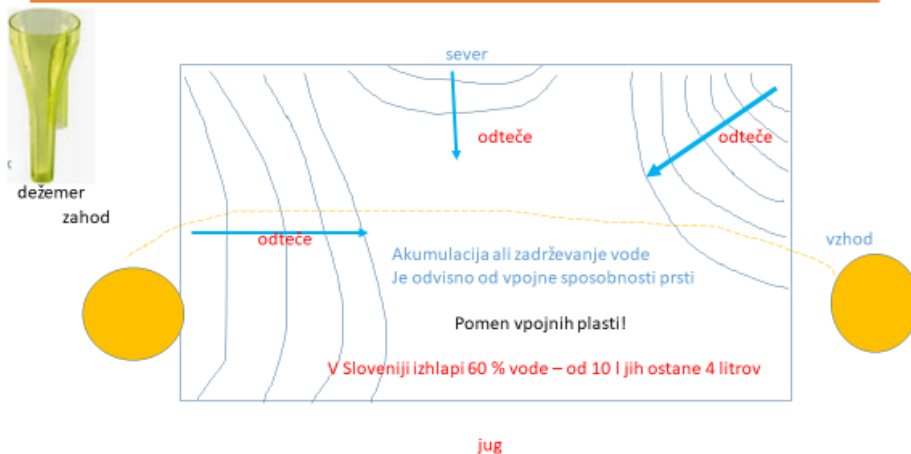
Slika 3: Profili omogočajo vpogled v lastnosti prsti.
Vir: Avtorica, 2023.

4. Korak: Voda- smer toka, zadrževanje



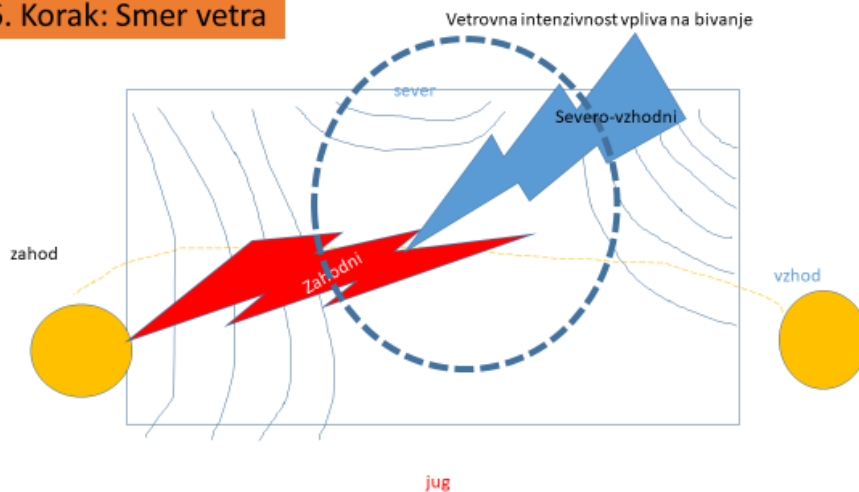
Slika 4: Odtekanje vode po pobočju ustvarja spremenjene razmere za nastajanje prsti.
Vir: Avtorica, 2023.

5. Korak: Padavine – koliko jih pade in koliko ostane, izhlapi



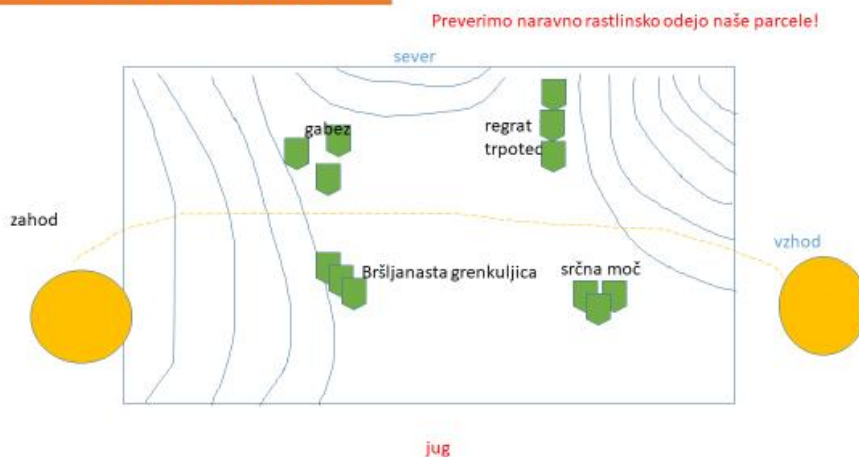
Slika 5: Vpojnost prsti določa količino vode, ki po padavinah ostane v prsti.
Vir: Avtorica, 2023.

6. Korak: Smer vetra



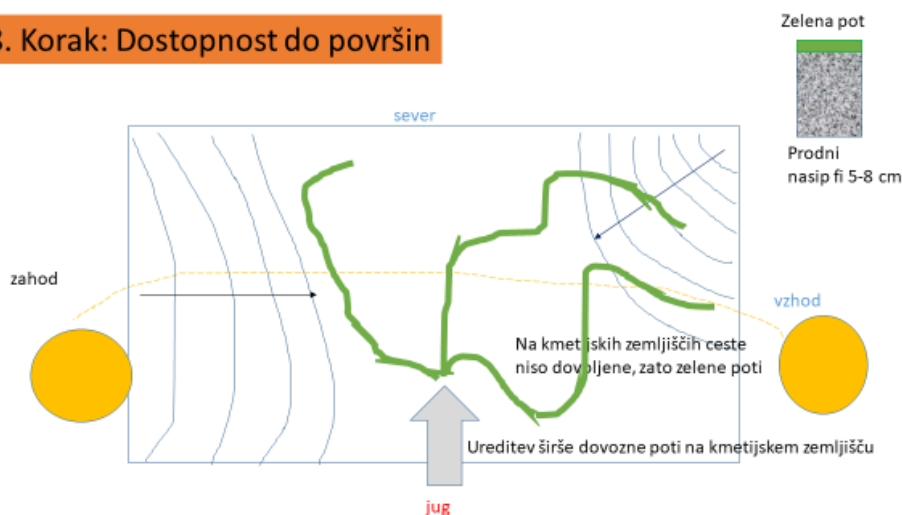
Slika 6: Spremljanje smeri vetra omogoča poznavanje vetrovnih leg.
Vir: Avtorica, 2023.

7. Korak: Avtohtone rastline



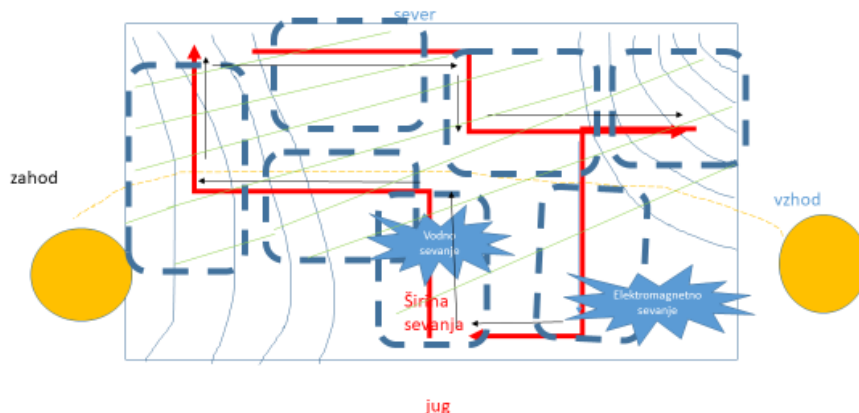
Slika 7: Avtohtone zlasti zdravilne rastline so pomemben del samooskrbe.
Vir: Avtorica, 2023.

8. Korak: Dostopnost do površin



Slika 8: Uporaba vertikalnih sistemov zahteva izogibanje dohodnih poti.
Vir: Avtorica, 2023.

9. Korak: Sevanja



Slika 9: Spremljanje poteka vodnih sevanj (modre črtice) nam omogočajo L-antene na način, da v smeri urnega kazalca prehodimo parcelo (rdeče črte).
Vir: Avtorica, 2023.

Iz geografske analize parcele, ki pokaže naravne danosti in ovire, sledi izbor ustreznega pridelovalnega sistema glede na njegove značilnosti. Podatki o orientaciji, naklonu, stanju prsti, odtoku vode, padavinah, smeri vetra, avtohtonih rastlinah, dostopnosti in zemeljskih sevanjih nam omogočajo, da se s postavitvijo vertikalnih sistemov izognemo neugodnim lastnostim. Ne bomo postavili nobenega pridelovalnega sistema na območje vodnega ali zemeljskega s sevanjem, prav tako ne, če tam odteka padavinska voda, tudi v senčne lege ne postavljamo teh sistemov,

naklonu se prilagodimo s podbočnimi gredami, visoke grede in dvignjene grede pa postavimo na ravnino. Smeri vetra se prilagodimo z usmeritvijo sistema, da nam veter ne odnaša materiala, postavimo sisteme vzporedno s smerjo vetra, avtohtone zlasti zdravilne rastline pa presadimo, preden tla pokrijemo z vertikalnim sistemom. V nadaljevanju so kratko predstavljeni najbolj priporočljivi sistemi za območja onesnažena s težkimi kovinami.

Geografska analiza parcele služi kot pomoč pri izbiri vrste vertikalnih sistemov, ki jih lahko uporabimo na posameznih območjih, ki so obremenjena s težkimi kovinami. Obstaja veliko vrst vertikalnih sistemov, njihova skupna lastnost je, da se postavijo tako, da se nalaga biomasa nad onesnaženo površino, kar prepreči, da se ne morejo vgraditi onesnažila v tisti del prsti, kjer vertikalno rastejo rastline. V knjigi Samooskrba v praksi (Vovk, 2015a) so zbrani številni vertikalni primeri kot so visoke grede, gomile, dvignjene grede, poravnane grede, poravnane gomile, kompostne grede, regenerativne grede, ki so primerne za onesnažena območja (Vovk, 2015b). Za potrebe poplavljenih površin smo predlagali pet vertikalnih sistemov in sicer za vrtničkarje visoke grede in dvignjene grede, za kmetovalce pa gomile, podpobočne grede in ogljikove grede. Gre za tehnike, ki jih je mogoče uporabiti na večjih sklenjenih površinah.

Visoka greda: primerna je za postavitev na ravni površini, po možnosti z opoldansko senco, vstran od stalnih vetrov in vodnih tokov. Postavi se 60 cm visoko nad površino tal in se zapolni v tretjinskem deležu z lesom, z vpojnimi materiali za vodo (stari tekstil, ovčja volna) in z rodovitno zemljo. Pokrije se z zastirkjo, ki je lahko listje ali miskantus. Na ta način rastline ne pridejo v stik z matično zemljo, zato je pridelava varna. Omejitev pri visoki gredi so stroški okvirja ter material, ki ga potrebujemo za notranji okvir kot izolacijo in material za polnjenje grede kot so ovčja volna, lahko pa uporabimo tudi gozdno listje, stara oblačila in karton (Slika 10).



Slika 10: Visoka greda naj sega do višine kolen (do 60 cm). Po postavitvi ob pravilnem polnjenju ne potrebuje dodatne oskrbe z vodo.
Vir: Avtorica, 2023.

Glede na geografsko analizo se visoke grede postavijo na ravna območja, tip prsti ni pomemben, tudi ekspozicija ne. Upošteva se avtohtona vegetacija, tako tako da vertikalnega sistema ne postavimo na njihova rastišča. Umaknemo se vodnim sevanjem, vetrovom in izkoristimo toploto sonca.

Dvignjena greda je geografsko postavljena na ravna območja kot nadomestek vrta. Uredimo jo v lesenem okvirju, ki ga napolnimo z biomaso, pod njo naložimo vpojni material za zadrževanje vode in dodamo biomaso, nad njo pa rodovitno zemljo (Slika 11). Ta tip pridelave ne omogoča stika z matično zemljo, zato je varen pred težkimi kovinami, saj je visok 30 cm in korenine rastlin ne morejo skozi vmesno plast za zadrževanje vlage (Vovk Korže, 2015b).



Slika 11: Dvignjena greda za pridelavo zelenjave na vrtovih z onesnaženo zemljo.
Vir: Avtorica, 2023.

Prednost dvignjene grede je, da lahko v njej pridelujemo skozi celo leto, ker je zaprtega tipa pozimi in deluje podobno kot rastlinjak. Zato lahko koristimo celo leto vegetacijsko sezono. Stroškovno je manj zahtevna kot visoka greda. Ni je potrebno dodatno zalivati, v njej se kompostira biomaso. Glede na geografske lastnosti parcele se dvignjena greda postavi na ravno območje, enako kot visoka greda.

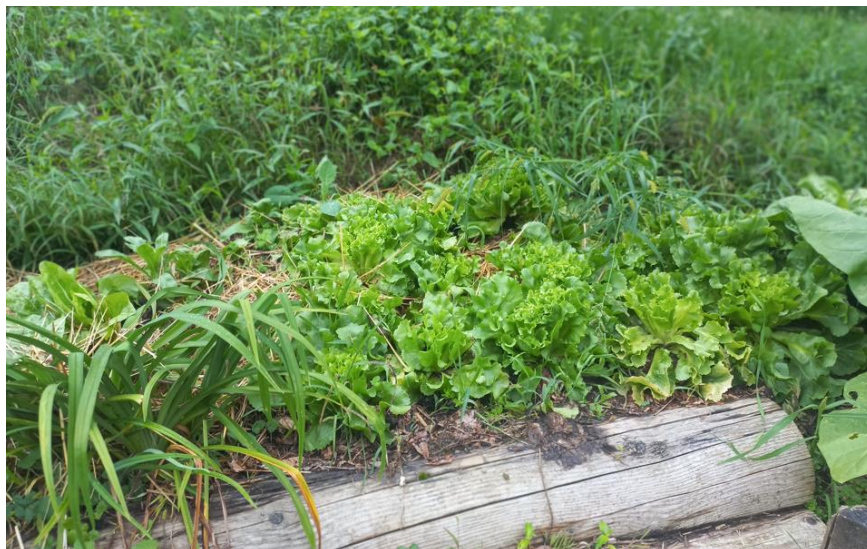
Gomila je vertikalni sistem nadomešča njiv in večjih pridelovalnih površin. Je v obliki hriba naložen sistem, ki ima v sebi plast lesa, ki daje toploto in omogoča zračenje, nad lesom je plast vpojna za vodo in za tem rodovitna zemlja. Sestava je podobna kot pri visoki gredi, le da tukaj ni okvira in je zato sistem cenejši od visoke grede (Slika 12). Gomile lahko uredimo nad onesnaženimi območji, ker je pri gomilah celotna pridelovalna površina nad onesnaženo zemljo (Vovk Korže, 2015b).



Slika 12: Gomile so racionalni sistemi za pridelavo na onesnaženih zemljiščih.
Vir: Avtorica, 2023.

Geografsko gledano, se gomile uredijo na večjih parcelah ne glede na relief, s tem da morajo biti na strmih pobočjih postavljene vzporedno z izohipsami, da koristijo tok površinske tekoče vode. Oblikujejo se vzporedno s plastnicami površja ne glede na naklon in ekspozicijo.

Podpobočni sistem že ime pove, da ta sistem pridelave leži pod pobočjem in koristi padavinsko vodo ter jo zbira v muldi, ki je skopana vzporedno nad gredo in omogoča zalivanje pod površino, to je v višini izkopanega dna mulde. S tem se zagotavlja stalna vlažnost zemlje, saj padavinska voda teče pod površino in tam ostane dlje časa (Slika 13). Sistemi so geografsko vezani na gričevnata in hribovita območja in omogočajo rabo prsti tudi na plitvih in strmih legah (Vovk Korže, 2015b). V višino segajo 30 cm, zato korenin rastlin tudi tu ne dosejajo izvornih tal.



Slika 13: Podpobočni sistemi.

Vir: Avtorica, 2023.

Ogljikova kompostna greda se uredi na ravnih območjih, kjer so v tleh težke kovine. Naložimo ostanke pri kompostiranju, kamor sodijo listje, suha praprota, na pol razpadel kompost, živalska volna, suhi gnoj in nepotiskan karton. Ogljikove grede shranijo veliko tople in imajo hiter proces kompostiranja, kar pripomore k hitri rasti rastlin, saj privabijo deževnike (Martinkosky idr., 2017). Ogljikove grede se dobro obnesejo tudi na glinastih območjih, kjer je sicer trda zemlja zaradi fluvialne akumulacije, če je zemlja onesnažena s težkimi kovinami, rešimo pridelavo prav s tem tipom vertikalne pridelave (Slika 15).

Zmanjšanje onesnaženosti zemlje omogoča tudi uporaba biooglja, ki destabilizira aktivnost težkih kovin. Tudi izbor ustreznih rastlin, ki imajo manjšo sposobnost vezanja onesnažil, sodi med metode zaščite pred težkimi kovinami (Vernik in Vrščaj, 2014).



Slika 14: Ogljikove kompostne grede.

Vir: Avtorica, 2023.



Slika 15: Ogljikove kompostne grede na glini v Dravinjskih goricah.

Vir: Avtorica, 2023.

Povečanje vsebnosti organskih snovi v prsti pripomore k povečanju njene rodovitnosti. Poveča se sistem por v tleh, pore namreč služijo kot prostor za shranjevanje vode. Ta voda je nato zlahka na voljo rastlinam in mikrobom, ki živijo v prsti. Voda,

shranjena v prsti, zadosti približno 90 % potreb po vodi za kmetijsko proizvodnjo (Vovk, 2022).

Vertikalni pridelovalni sistemi povečujejo biotsko raznovrstnost in organsko snov v prsti ter tako pozitivno vplivajo na prst. Navedeni vertikalni sistemi temeljijo na regenerativnih oz. obnovitvenih principih, ki povečujejo zdravje prsti. Zdravje prsti vpliva na vse, od zdravja rastlin do dobrega počutja ljudi in okolja. Hkrati pa regenerativno kmetijstvo vključuje visoke standarde za dobro počutje živali in spoštovanje delavcev. Namen je ustvariti sisteme kmetij, ki delujejo v harmoniji z naravo in izboljšujejo kakovost življenja vseh udeležencev (Rodale Institute, 2021). Zdravje prsti je ključnega pomena za kratkoročno in dolgoročno produktivnost prsti (Vovk, 2022). Brez zdravih prsti je življenje, kot ga poznamo, ogroženo. Hrana izgubi svojo hranilno vrednost, suše in poplave postanejo vse hujše, biotska raznovrstnost je izgubljena, kmetje se zadolžujejo in prst iz ozračja absorbira manj ogljika, kar pospešuje globalno segrevanje. Posledično biomasa zaradi zmanjšane možnosti fotosinteze ne uspe proizvajati dovolj hrane, kar privede do manjšega pridelka (Vovk, 2022).

Skupna značilnost vertikalnih sistemov je tudi uporaba zastirke, ki pomembno vpliva na zadrževanje vlage v prsti. Rezultati raziskave pomena zastirke pri zadrževanju vlage v prsti kažejo, da se vlaga najbolj zadrži v gomilastih gredah in sicer na površini in v globini. Gomilaste grede pomembno prispevajo k zadrževanju vlage v prsti tudi v globini, saj sestava grede s povečano vsebnostjo organskih snovi dodatno pomaga zadrževati vlago v primerjavi z njivo ali travnikom, ki nimata organske snovi v spodnjih horizontih. Ker ima organska snov pomembno vlogo pri nastajanju humusa in zadrževanju vlage v prsteh, kar ugodno vpliva tudi na druge lastnosti prsti, je pomembno varovati prsti prav z dodajanjem zastirke. S tem bi na eni strani vračali prsti organsko snov in na drugi strani povečevali njeno samozadrževalno sposobnost. Predvsem v Severovzhodni Sloveniji, ker so prsti kisle in z nizko vsebnostjo bazičnih kationov, bi pomembno prispevali tudi k rodovitnosti prsti. Na to kažejo že uveljavljeni permakuturni pristopi, ki se s t.i. vertikalnim vrtnarjenjem širijo tudi po Sloveniji in vplivajo na večanje samooskrbnosti na lokalni ravni (Vovk, 2022).

Za potrebe ukrepanja po poplavih z nanosi mulja s težkimi kovinami so na Kmetijskem inštitutu pripravili navodila za preventivno delovanje (Vrščaj, Kolmanič, in Germšek, 2023). Podali so splošna navodila za sanacijo prsti na vrtovih in izpostavili potrebo po odstranitvi naplavljenih odplak, kamenja in rastlinske odeje. Prav tako je bilo potrebno odstraniti mulj in vrtov in njiv. Vso poplavljenno zelenjavo je bilo treba zavreči. Za naslednjo sezono so predlagali prezračiti prsti in jih ne gnojiti, kar je lahko nevarno, saj so se onesnažila vpila v zemljo in kot take ne bi smeli uporabiti za pridelavo.

4 Sklep

Tehnike revitalizacije onesnažene zemlje so povečanje organskih snovi, uporaba biooglja za čiščenje zemlje in vertikalni sistemi, ki z nalaganjem biomase omogočajo novo pridelovalno površino brez vpliva onesnažene plasti. Vse rastline namreč niso enako sposobne za sprejem težkih kovin iz tal. Ravno tako se težke kovine različno razporejajo po rastlinskih delih. Več težkih kovin se kopiči v koreninah, v korenih in listih kot pa v plodovih ali semenih. Z uživanjem listnate zelenjave, ki je pridelana na onesnaženih tleh, smo namreč bolj izpostavljeni težkim kovinam kot pri plodovkah, denimo paradižniku. Poleg fizičnega čiščenja prsti se moramo lotiti tudi spremembe

odnosa do prsti. Le ta ni nikakor prostor, ki mora človeku dajati pridelke, s katerimi bo ustvarjal kapital. Odnos do prsti mora temeljiti na razumevanju prsti kot živega bitja. Prst je v resnici živa, vitalna komponenta našega planeta, ki ima podobne potrebe kot vsa živa bitja, potrebo po vodi in hrani ter spoštljivem odnosu. Slednji je izginil z industrijskim kmetovanjem in zato bo potrebno z drugačnim, holističnim pristopom oživiti to našo prst.

Nemogoče bo sanirati posledice poplav, zmanjšati težke kovine in preprečiti onesnaževanje, ne da bi odpravili vzroke za te probleme. Geografska analiza parcele poda stanje glede na toploto, vlago, odtekanje vode, smer vetra in jakost, lastnosti prsti in sevanja. Z upoštevanjem geografskih značilnosti parcele bi se uspešno izognili onesnaževanju prsti s težkimi kovinami, saj bi vnaprej predvideli možnosti akumulacije le teh v prsti.

Literatura

- Chesapeake Bay Foundation. (2021). *What Is Regenerative Agriculture, and Why Is it Re-Emerging Now?* Pridobljeno 7. 7 2022 z <https://www.cbf.org/blogs/save-the-bay/2021/08/what-is-regenerative-agriculture-and-why-is-it-re-emerging-now.html>
- Evropska agencija za okolje. (2020). *Uvod v kmetijstvo*. Pridobljeno 19. 5. 2022 z: <https://www.eea.europa.eu/sl/themes/agriculture>
- Gosar, M., Šajn, R., Bavec, Š., Gaberšek, M., Pezdir, V. in Miler, M. (2019). Geochemical background and threshold for 47 chemical elements in Slovenian topsoil. *Geologija*, 62(1), 5–57. <https://doi.org/10.5474/geologija.2019.001>
- Jamšek, M. (2023). *Izpostavljenost strupenim kovinam in zastrupitve*. Univerzitetni klinični center Ljubljana. Pridobljeno z https://www.nijz.si/sites/www.nijz.si/files/uploaded/izpostavljenost_strupenim_kovinam_in_zastrupitve.pdf
- Living Soil* (2018). [Documentary]. Pridobljeno 11. 12 2021 z <https://www.youtube.com/watch?v=ntJouJhLM48>
- Markelc, I. (2008). *Vsebnost težkih kovin v vrtninah, pridelanih na vrtičkih občine Ljubljana*. Diplomsko delo. Pridobljeno z <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=496&lang=slv>
- Martinkosky, L., Barkley, J., Sabadell, G., Gough, H. in Davidson, S. (2017). Earthworms (*Eisenia fetida*) demonstrate potential for use in soil bioremediation by increasing the degradation rates of heavy crude oil hydrocarbons. *Science of The Total Environment*, 580, 734-743. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.020>
- Mavrič, I. (2014). *Vsebnosti težkih kovin v izbranih zeliščih na območju Šoštanja in Zgornjesavinjske doline*. Diplomsko delo. Pridobljeno z <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=69038&lang=slv>
- Morgan, J. N. (1999). Effects of processing on heavy metal content of foods. V *Impact of processing on food safety* (str. 195-211). Pridobljeno z <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10335377/>
- Ožek, K. (2014). *Značilnosti vrtnih prsti na območju Mestne občine Celje*. Diplomsko delo. Pridobljeno z <https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=43766>
- Korže, A. V. (2008). Razumevanje pojma »ekosistemski pristop«. *Revija za geografijo*, 3(2), 39-48.
- Rodale Institute. (2021). *Regenerative Organic Agriculture*. Pridobljeno 30. 11 2023 z: <https://rodaleinstitute.org/why-organic/organic-basics/regenerative-organic-agriculture/>
- Romih, N., Grabner, B. in Lasnik Ribarič, C. (2011). *Remediacija onesnaženih tal s težkimi kovinami*. Celje: Inštitut za okolje in prostor. Pridobljeno z https://arhiv.kis.si/datoteke/File/kis/SLO/MEH/Biomasa/PRIROCNIK_IOP-1.pdf
- Šterbenc, M. (2010). *Varstvo rastlin: Varstvo okolja*. Biotehniška šola. Pridobljeno z <https://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:doc-RYVNMVON>
- Vernik, T. in Vrščaj, B. (2014). Težke kovine v tleh vrtov. *Biobrazda*, 2(6). Pridobljeno z <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/kislj/4449896>
- Vovk Korže, A. (2007). Vloga prsti v ekosistemu. *Dela*, 28, 107-119. <https://doi.org/10.4312/dela.28.107-119>
- Vovk Korže, A. (2015a). *Ekoremediacija kopenskih ekosistemov*. Nazarje: Geaart. Pridobljeno z <https://plus.cobiss.net/cobiss/si/sl/bib/282707712>
- Vovk Korže, A. (2015b). *Samooskrba v praksi*. Nazarje: Geaart. Pridobljeno z https://www.nasasuperhrana.si/wp-content/uploads/2017/11/Postanimo_samooskrbni.pdf

- Vovk Korže, A. in Janškovec, K. (2009). Čiščenje prsti s pomočjo rastlin. *Geografski obzornik*, 56(1/2), 14-21.
- Vovk, A. (2013). Vpliv zastirke na zadrževanje vlage v prsti. *Revija za geografijo*, 8(1), 41-55.
- Vovk, A. (2022). Varovanje prsti v obdobju podnebnih sprememb. *Revija za geografijo*, 17(2), 55-68. <https://doi.org/10.18690/rg.17.2.2735>
- Vrhovnik, P. in Vovk Korže, A. (2018). *Plastika okoli nas*. Poljčane: i Seme.
- Vrščaj, B., Kolmanič, A. in Germšek, B. (2023). *Remediacija poplavljenih tal in ravnanje z muljem na kmetijskih zemljiščih in vrtovih*. Pridobljeno z https://www.gov.si/assets/ministrstva/MKGP/PROJEKTI/POPLAVE-PROJEKT/20230912_RemediacijaPoplavljenihTal-RavnanjeMulji-U
- Zadruga Konopko. (2016). *Obremenjenost tal na območju Celja*. Pridobljeno z https://www.konopko.si/fitoremediacija_s_konopljo
- Zaynab, M., Al-Yahyai, R., Ameen, A., Sharif, Y., Ali, L., Fatima, M. in Li, S. (2022). Health and environmental effects of heavy metals. *Journal of King Saud University*, 34(1). <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101653>

Summary

Heavy metals are poisons that severely damage the nervous system and even the genetic makeup. They are the most common cause of autoimmune diseases and diseases of the nervous system. Chronic poisoning with heavy metals causes diseases such as: Alzheimer's disease, multiple sclerosis, Parkinson's disease, depression, forgetfulness and Crohn's disease (Flajnik. 2021). Toxic heavy metals can bind to vital cellular components such as structural proteins, enzymes, nucleic acid and disrupt their function. Symptoms and effects may vary depending on the metal or metal compound and the dose. In general, long-term exposure to toxic heavy metals can have central and peripheral nervous system, carcinogenic, and circulatory effects. We know many examples of how people get sick from heavy metals (Vovk, 2015).

The proposal for the possibility of food production in areas polluted with heavy metals is based on the choice of vertical production systems, which enable safe food production due to the characteristics of humification processes. Cultivation systems adapted to contaminated land have the common property that they do not introduce additional pollutants into the soil as in conventional farming and that the crops grow vertically, so the root systems do not come into contact with the contaminated soil. 11 years ago, we started testing this type of method in the area of the Drava Field, which was flooded by the Drava River with heavy metals from the Meže River in 2012. At that time, most of the gardens in the wider area south of Maribor were flooded. The use of vertical systems has proven to be beneficial, as the plants grow in a completely new layer of soil and do not absorb heavy metals from the soil.

In addition to the experience of advising and arranging vertical systems of cultivation on contaminated land, a survey of vertical systems is being carried out in the area of the Dola self-sufficiency training ground. Namely, the essence of vertical cultivation systems is not only that new soil is created for the growth of plants, but that they do not need to be watered additionally, that they have accumulated biomass with an emphasis on carbon, and that the yield is greater than on the usual conventional used surface. Therefore, vertical systems are more sustainable and support greater self-sufficiency, especially in areas with limited farming conditions.

The method of choosing vertical systems is based on the geographical conditions of the area, as only this determines the possibility of setting up an individual production system. Therefore, first of all, a geographical analysis of the selected processing space is required, which covers 9 phases, which are presented below.

Based on the geographical analysis, the corresponding vertical system is selected, for the needs of consulting in the Savinjska Dolina area, we include high beams and raised beams for nurseries, and mounds, subslope cultivation systems and carbon compost systems for farmers. The mentioned systems belong to permaculture production systems and are adapted to poor food production conditions.

Geographical analysis of the plot serves as an aid in choosing the type of vertical systems that can be used in individual areas that are loaded with heavy metals. There are many types of vertical systems, their common feature is that they are placed in such a way that the biomass is deposited above the contaminated surface, which prevents the pollutants from being able to be incorporated into the part of the soil where the plants grow vertically. The book *Self-sufficiency in practice* (Vovk, 2015) contains many vertical examples such as high beams, mounds, raised beams, leveled

beams, leveled mounds, composting beds, regenerative beds, which are suitable for polluted areas (Vovk, 2015).

For the needs of flooded areas, we proposed five vertical systems, namely high beams and raised beams for gardeners, and mounds, sloping beams and carbon beams for farmers. These are techniques that can be used on larger closed surfaces.

The method of choosing vertical systems is based on the geographical conditions of the area, as only this determines the possibility of setting up an individual production system. Therefore, first of all, a geographical analysis of the selected processing space is required, which covers 9 phases, which are presented below.

Based on the geographical analysis, the corresponding vertical system is selected, for the needs of consulting in the Savinjska Dolina area, we include high beams and raised beams for nurseries, and mounds, subslope cultivation systems and carbon compost systems for farmers. The mentioned systems belong to permaculture production systems and are adapted to poor food production conditions.

Geographical analysis of the plot serves as an aid in choosing the type of vertical systems that can be used in individual areas that are loaded with heavy metals. There are many types of vertical systems, their common feature is that they are placed in such a way that the biomass is deposited above the contaminated surface, which prevents the pollutants from being able to be incorporated into the part of the soil where the plants grow vertically. The book *Self-sufficiency in practice* (Vovk, 2015) contains many vertical examples such as high beams, mounds, raised beams, leveled beams, leveled mounds, composting beds, regenerative beds, which are suitable for polluted areas (Vovk, 2015).

For the needs of flooded areas, we proposed five vertical systems, namely high beams and raised beams for gardeners, and mounds, sloping beams and carbon beams for farmers. These are techniques that can be used on larger closed surfaces.

A common characteristic of vertical systems is also the use of mulch, which has a significant effect on the retention of moisture in the soil. The results of the research on the importance of mulch in retaining moisture in the soil show that moisture is retained the most in mounded beds, namely on the surface and in depth. The mounded beds significantly contribute to the retention of moisture in the soil even in depth, as the composition of the bed with an increased content of organic matter additionally helps to retain moisture compared to a field or meadow, which have no organic matter in the lower horizons. Since organic matter plays an important role in the formation of humus and the retention of moisture in the soil, which also has a beneficial effect on other soil properties, it is important to protect the soil by adding mulch. This would, on the one hand, return organic matter to the soil and, on the other hand, increase its self-retention capacity. Especially in Northeastern Slovenia, because the soils are acidic and with a low content of basic cations, they would also contribute significantly to soil fertility. This is indicated by the already established permaculture approaches, which with the so-called they also spread vertical gardening throughout Slovenia and influence the increase of self-sufficiency at the local level (Vovk, 2022).

It will be impossible to remediate the effects of flooding, reduce heavy metals and prevent pollution without addressing the causes of these problems. The geographical

analysis of the plot gives the situation in terms of heat, humidity, water runoff, wind direction and strength, soil properties and radiation. By taking into account the geographical characteristics of the plot, soil contamination with heavy metals would be successfully avoided, as the possibilities of accumulation of only these in the soil would be foreseen in advance.

