

Okolišni uslovi u gradskim sredinama

Prof. dr Pakeza Drkenda

Project number: 586304-EPP-1-2017-1-BA-EPPKA2-CBHE-JP “This project has been funded with support from the European Commission. This publication reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein”

- **Negativni učinci urbanizacije**
- Neugodno vruća ljeta u gradu nisu uzrokovana samo vremenskim prilikama. Na temperaturu u gradovima utječu i drugi faktori, kao što su betonske i asfaltirane plohe koje emitiraju toplinu koju upiju od sunca te time povećavaju ljetne temperature. Osim toga, na povećanje temperature utječu i vozila u prometu koja emitiraju stakleničke plinove i toplinu, klimatizacijski uređaji koji izbacuju višak topline iz zatvorenih prostora te urbani kanjoni, koji nastaju između visokih zgrada te tako zarobljavaju toplinu na razini ulice. Svi ovi faktori pridonose fenomenu koji se naziva efekt "urbanog toplinskog otoka", što rezultira gradovima koji su do 10 °C topliji od okolnih područja.
- Tipičan odgovor na visoke temperature je uključivanje klima uređaja. Ali to dovodi do zatvorenog kruga zagrijavanja na otvorenom kako bi se ohladio zatvoreni prostor, čime zrak vani postaje još neugodniji. Osim toga, hlađenje zatvorenih prostora rezultira značajnim troškovima: na rad klima uređaji trenutno otpada oko petina ukupne potrošnje električne energije u zgradi.
- Zbog klimatskog zatopljenja i brzog rasta populacije u toplijim, sve bogatijim zemljama, Međunarodna agencija za energetiku (IEA) procjenjuje da će se energija potrebna za hlađenje zgrada utrostručiti do 2050. godine. Ipak, naši nerazmjerno topli gradovi ne predstavljaju samo energetske izazove. Visoke urbane temperature predstavljaju značajan rizik za naše zdravlje; rizik od porasta smrtnosti i moždanog udara se pojavljuje kada se temperature kreću iznad 25 °C.

- Gotovo svaki veći grad prati pojava toplinskih otoka, ali to u kojoj će se mjeri razviti ekstremne vrućine ovisi o raznim faktorim kao što su klimatski uvjeti, prevladavajući vjetrovi, vrste terena, tip gradnje ili veličina grada. Negativne posljedice porasta temperature osobito su primjetne u užim središtima velikih gradova
- Što je grad veći, to je toplinski otok prošireniji.
- Ako je grad vrlo kompaktan i bez vegetacije, toplinski je otok izraženiji.
- Porast broja stanovnika u gradskome području dovodi i do povećane potrebe za potrošnjom energije za potrebe klimatizacije ili grijanja, čime se u urbanu okolinu otpušta još više topline.
- Zbog svega navedenoga urbana područja čine otoke koji su okruženi hladnijom ruralnom okolicom. Gradske prometnice, pločnici i zgrade tijekom dan apsorbiraju Sunčevo zračenje pa još dugo u noć ostaju topli i emitiraju toplinu.
- Zato je urbani toplinski otok najizraženiji u hladnome dijelu godine te noću.



Dugoročna rješenja za toplinske otoke nalaze se u tzv. pametnom planiranju gradova

- Dugoročna rješenja problema toplinskih otoka u gradovima se odnose na strategije vezane uz pametno planiranje gradova, kojima bi se izbjegle ili smanjile opasnosti od ekstremnih utjecaja. Riječ je o planskome podizanju zelenih i vodenih površina, izgradnji takozvane zelene infrastrukture pod kojom se podrazumijevaju ne samo novi parkovi, već i zeleni krovovi, fasade, iskorištavanje naplavnih površina za op
- Mnogi gradovi diljem Europe pokušavaju smanjiti utjecaj toplinskoga otoka uz pomoć
- sljedećih glavnih strategija:
- -- povećanje zelenih površina u gradovima:
- drveće apsorbira ugljikov dioksid,
- stvara hlad i smanjuje emisije štetnih plinova iz vozila
- zelene površine imaju pozitivan učinak na mentalno zdravlje ljudi jer su čest parkovi jedina veza ljudi iz gradova s prirodom.

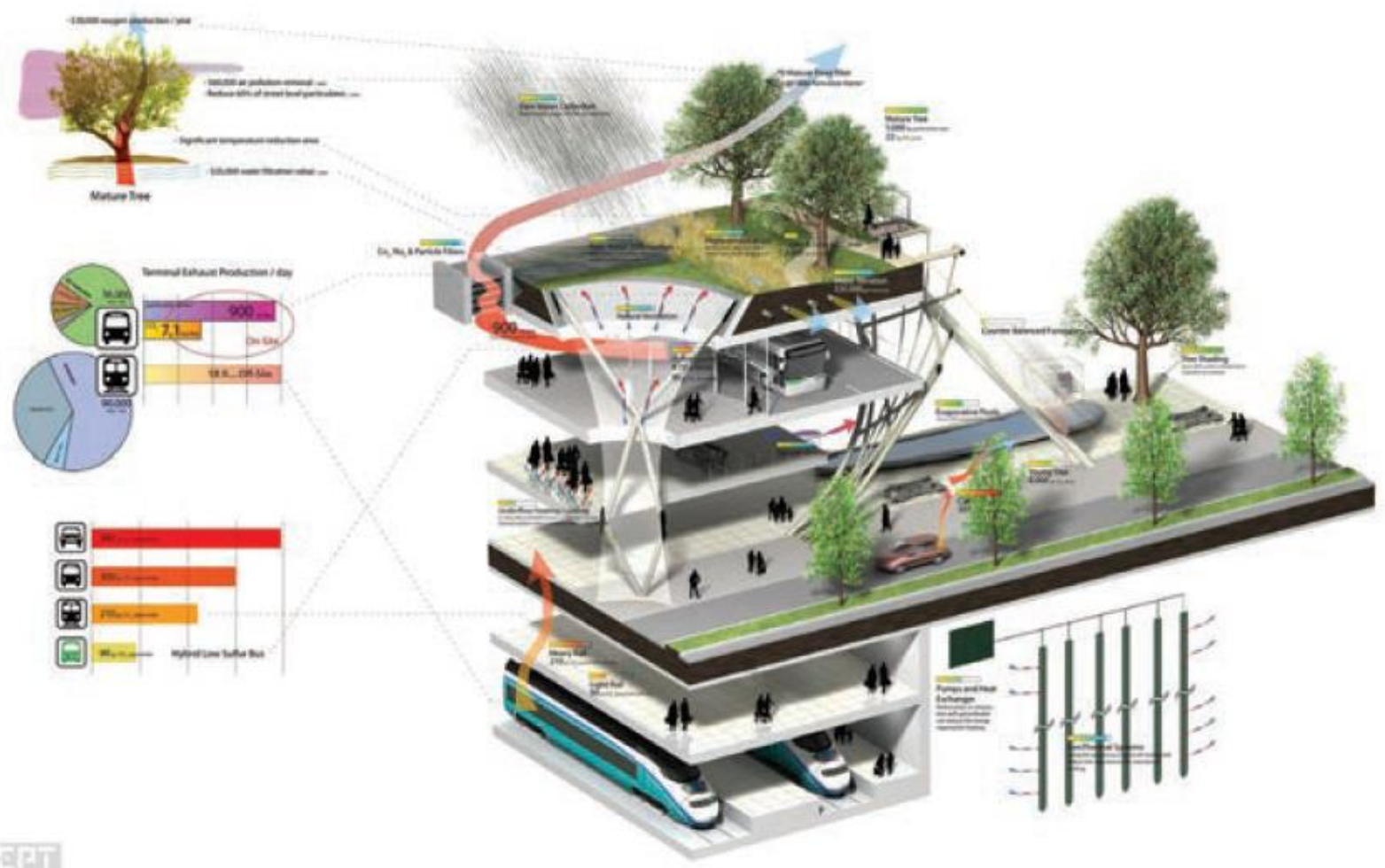
- gradnja zelenih parkirališta:
- zelena parkirališta poseban su oblik parkirališta koja se projektiraju prema načelima
- održivosti i zelene gradnje. Poželjno je da se postojeći neiskorišteni prostori urede na ekološki prihvatljiv način
- gradnja zelenih krovova: uzgoj biljaka,
- grmlja i stabala na krovovima smanjuje visoke temperature na njima kao i temperaturu okolnoga zraka. Kakvoća je zraka poboljšana jer biljke apsorbiraju ugljikov dioksid, a proizvode kisik.
- Zeleni krovovi stvaraju hlad i uklanjaju toplinu iz zraka. Dok ljeti temperature zraka na standardnim krovovima mogu doseći i do 65 °C, zeleni krovovi mogu ohladiti obližnje površine u prosjeku od 16 °C do 17 °C te tako smanjiti učinak toplinskog otoka. Zeleni krovovi djeluju kao toplinska izolacija te na taj način smanjuju troškove grijanja i hlađenja u zgradama te produljuju životni vijek krova. Zeleni krov zimi sprječava gubitak topline, a ljeti osvježava prostor.

- gradnja hladnih, reflektirajućih krovova:
- na temperaturu zraka velik utjecaj imaju tamni krovovi koji apsorbiraju svjetlost. Gradnjom krovova od materijala koji reflektiraju svjetlost mogu se znatno smanjiti visoke temperature krovova, dulji je vijek trajanja krovova, bolja je izolacija i samim time smanjena potrošnja energije. Sličan učinak imaju i premazi koji su dizajnirani tako da reflektiraju Sunčevu toplinu i smanjuju količinu naprezanja materijala. U odnosu na uklanjanje drugih izvora problema, zamjena krova zahtijeva najmanja ulaganja uz gotovo istovjetan rezultat.
- -- gradnja hladnih pločnika:
- Korištenjem odgovarajućih materijala za popločavanje pločnika, parkirališta i ulica, hladni pločnici ostaju hladniji od onih konvencionalnih, a mogu i poboljšati vidljivost noću.

Zelena infrastruktura

- Odnosi se na vrstu infrastrukture koja ima višestruku funkciju i omogućuje pogodnosti u istome prostornom području. Te funkcije mogu biti okolišne (npr. očuvanje biološke raznolikosti ili prilagodba klimatskim promjenama), društvene (npr. osiguranje kvalitetne odvodnje ili zelenih površina) i gospodarske (npr. stvaranje radnih mjesta i rast cijena nekretnina). Razlika u odnosu na rješenja sive infrastrukture, koja obično imaju samo jednu funkciju kao što je odvodnja ili prijevoz, čini zelenu infrastrukturu privlačnom jer ima potencijal za istodobno rješavanje nekoliko problema. Tradicionalna siva infrastruktura i dalje je potrebna, ali često se može poboljšati rješenjima čije je ishodište priroda.
- zelena se infrastruktura može koristiti da bi se smanjila količina oborinskih voda koje ulaze u kanalizacijske sisteme, a zatim u jezera, rijeke i potoke, uz pomoć prirodnoga zadržavanja i svojstava upijanja vegetacije i tla. U tome slučaju pogodnosti zelene infrastrukture mogu biti bolja kakvoća zraka, ublažavanje urbanih toplinskih otoka, dodatna staništa za životinjski svijet i rekreacijski prostor.
- Financijski aspekt zelene infrastrukture može se činiti složenim, ali uz to što takva infrastruktura ima brojne prethodno navedene pogodnosti, često je i jeftinija, učinkovitija i održiva.

- Zelena infrastruktura utemeljena je u Strategiji bioraznolikosti EU-a, ali ona je puno više od instrumenta za očuvanje okoliša. Ona može imati i znatan doprinos u provedbi ciljeva propisanih Euovim propisima koji se odnose na regionalni i ruralni razvoj, klimatske promjene, upravljanje rizikom od katastrofe, poljoprivredu, šumarstvo i okoliš.
- U Beču se trenutačno radi na osmišljavanju “zelene mreže”, odnosno u planu je izgradnja povezanih zelenih površina i koridora kako bi se omogućilo kretanje pješaka i biciklista za najvećih vrućina. Između 1993. i 2012. broj stanovnika koji koriste automobile u Beču smanjio se s 40 posto na 27 posto. Desetak posto stanovnika više koristi javni prijevoz, dok tri posto više stanovnika koristi bicikle, što je pozitivan pomak kojemu bi trebale težiti i druge europske metropole.
- Bečki su znanstvenici izračunali to da bi do kraja stoljeća u okrugu Neubau moglo biti od 50 do 55 vrućih dana na godinu, što ga čini jednim od najtoplijih okruga u Beču. Djeca, bolesni i stariji ljudi, ali i životinje, posebno su pogođeni visokim ljetnim temperaturama. Kako bi se djelovalo protiv urbanih toplinskih otoka u okrugu i olakšao život tamošnjim stanovnicima, Grad Beč uskoro započinje pilot-projekt u ulici Zieglergasse, koja bi trebala postati prva ulica s mogućnošću regulacije temperature zraka.
- Rekonstrukcija ulice, ozelenjavanje površina, instalacija sustava za hlađenje i ovlaživanja zraka te postavljanje zdenaca za pitku vodu trebali bi povećati kvalitetu života tamošnjih stanovnika. Troškovi adaptacije ulice nakon radova na vodovodnim cijevima iznose 2,4 milijuna eura. Grad će pokriti 70 posto troškova, a ostalih 30 posto financirat će okrug Neubau iz vlastitoga proračuna.



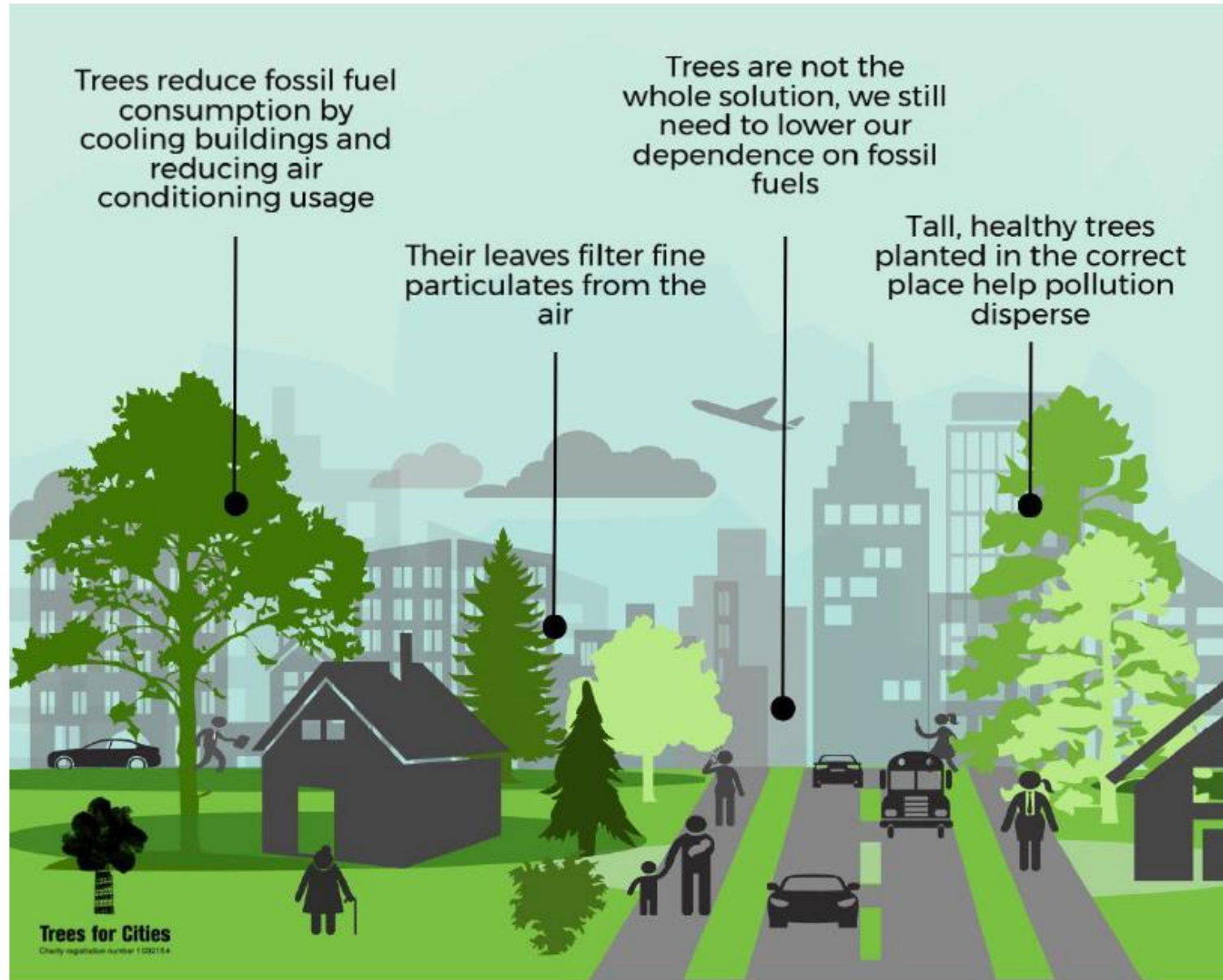
EXCEPT

Primjer koncepta zelene infrastrukture

- Zelene površine i zeleni elementi pružaju mnogo funkcija, usluga i pogodnosti koje su potrebne za održivi razvoj urbanih područja, što pokazuju brojna istraživanja. Međutim, često postoji nesklad između istraživanja o značaju urbanog zelenila i urbanističkih procesa planiranja, pri čemu postoji opasnost da se podcijene potencijali i vrijednosti zelenih površina u gradovima. Razmatraju se dva moguća razloga za taj problem: nedostatak prikupljenog znanja o broju i opsegu pogodnosti koje pruža urbani zeleni prostor i potreba za opisom svih kvaliteta urbanog zelenog prostora, uključujući svojstva i potencijale. Pregledane su i opisane prethodne studije o urbanim zelenim površinama i njihovom doprinosu u kompaktnim gradovima. Analiza literature pokazuje da se od održivih kompaktnih gradova očekuje da zeleni prostori, koji su blizu ljudi, budu koherentni i dovoljne veličine, raznoliki i dobro održavani te da se ljudi mogu uključiti u razvoj

- Stabla u urbanim područjima imaju puno veći značaj od same estetike. Stabla obogaćuju život u gradovima, ublažavaju klimatske promjene i njihove posljedice. Pohranjivanjem velike količine ugljika, stabla ublažavaju ionako veliki utjecaj gradova na klimatske promjene. Gradovi imaju veće razine zagađenja zraka, što doprinosi više od 3 milijuna smrti svake godine. Budući da se predviđa da 70 posto svjetske populacije živi u gradovima, zagađenje zraka i toplina predstavljaju veliku zabrinutost - za javno zdravlje. Jedno od rješenja ovog problema jest sadnja stabala u urbanim prostorima. Drveće hladi zrak bacajući sjenu i oslobađajući vodenu paru, a lišće može filtrirati sitne čestice (PM – lebdeće čestice) - jedan od najopasnijih oblika onečišćenja zraka, nastao izgaranjem biomase i fosilnih goriva. Zavod za zaštitu prirode proučio je učinke stabala na kvalitetu zraka u 245 najvećih svjetskih gradova i dokumentirao nalaze u izvješću Planting Healthy Air.

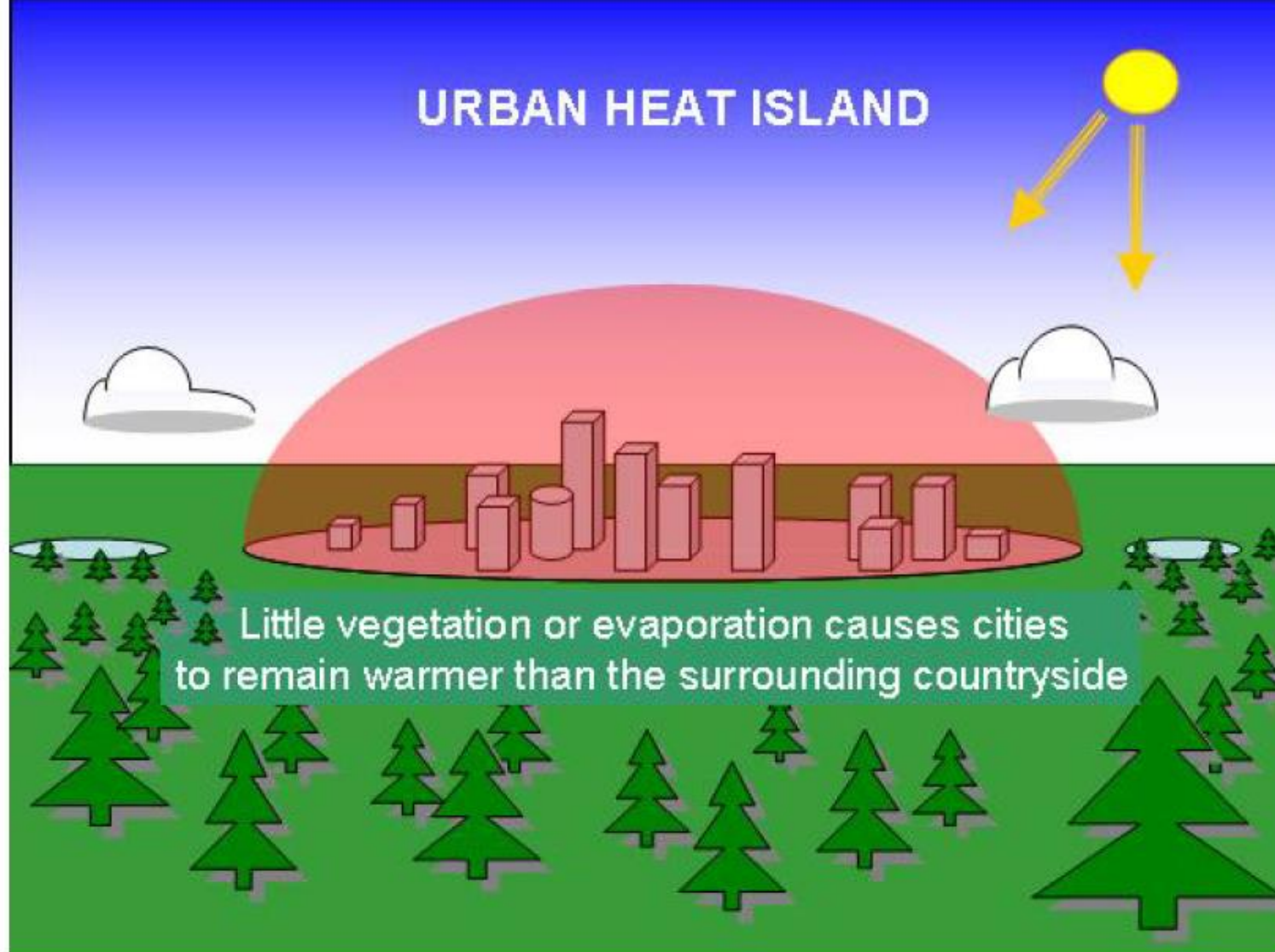
- Većina efekata hlađenja i filtriranja, što ih stvara drveće, prilično je lokalizirana, pa gusto naseljeni gradovi - kao i oni s višom razinom zagađenja - imaju najveći ukupni povrat ulaganja (ROI) od sadnje stabala. Međutim, lokaliziran učinak stabala znači da bi pojedine četvrti u gotovo bilo kojem gradu mogle imati koristi od sadnje stabala. Planeri urbanog područja često projektiraju zasade stabala u svrhu zaštite - poput škola, u blizini bolnica ili 2 implementirati drveće kao zaštitu protiv PM koji dolazi s autocesta i industrijskih područja



Slika 1: Skica zelene infrastrukture

Izvor: (<http://www.greeninurbs.com/finalconference/>)

- **Negativni učinci urbanizacije**
- Neugodno vruća ljeta u gradu nisu uzrokovana samo vremenskim prilikama. Na temperaturu u gradovima utječu i drugi faktori, kao što su betonske i asfaltirane plohe koje emitiraju toplinu koju upiju od sunca te time povećavaju ljetne temperature. Osim toga, na povećanje temperature utječu i vozila u prometu koja emitiraju stakleničke plinove i toplinu, klimatizacijski uređaji koji izbacuju višak topline iz zatvorenih prostora te urbani kanjoni, koji nastaju između visokih zgrada te tako zarobljavaju toplinu na razini ulice. Svi ovi faktori pridonose fenomenu koji se naziva efekt "urbanog toplinskog otoka", što rezultira gradovima koji su do 10 °C topliji od okolnih područja.
- Tipičan odgovor na visoke temperature je uključivanje klima uređaja. Ali to dovodi do zatvorenog kruga zagrijavanja na otvorenom kako bi se ohladio zatvoreni prostor, čime zrak vani postaje još neugodniji. Osim toga, hlađenje zatvorenih prostora rezultira značajnim troškovima: na rad klima uređaji trenutno otpada oko petina ukupne potrošnje električne energije u zgradi.
- Zbog klimatskog zatopljenja i brzog rasta populacije u toplijim, sve bogatijim zemljama, Međunarodna agencija za energetiku (IEA) procjenjuje da će se energija potrebna za hlađenje zgrada utrostručiti do 2050. godine. Ipak, naši nerazmjerno topli gradovi ne predstavljaju samo energetske izazove. Visoke urbane temperature predstavljaju značajan rizik za naše zdravlje; rizik od porasta smrtnosti i moždanog udara se pojavljuje kada se temperature kreću iznad 25 °C.



Slika 2: Skica toplinskog otoka

Izvor: (<https://climatekids.nasa.gov/heat-islands/>)

- Na urbane toplinske otoke značajno utječu globalne klimatske promjene. Iako je globalno zatopljenje fenomen globalnog razmjera, on utječe i na lokalna klimatska obilježja te povećava UHI (Urban heat island). Očekivani porast globalne temperature će značajno promijeniti klimatska obilježja urbanih sredina i utjecati na ljudsko zdravlje, infrastrukturu, opskrbu energijom, potrebe za vodom i sl.
- Dodatno, interakcija između urbane mikro-klime i klimatske varijabilnosti velike skale (npr. toplinski valovi, Sjevernoatlantska oscilacija, El Niño-Južna oscilacija) mogu pojačati efekt UHI-a te tako povećati toplinski stres u gradovima i učiniti ih nepovoljnijima za život te izazvati brojne negativne ekonomske, zdravstvene i socijalne posljedice. Iako su urbana područja izuzetno osjetljiva na klimatske promjene, ona istovremeno posjeduju značajan potencijal za adaptaciju i prilagodbu klimatskim promjenama te tako i mogućnost njihovog održivog razvoja.

- Pri provedbi analize toplinskog otoka grada potrebno je voditi računa o mnogim faktorima.
- Primjerice, važno je kvalitetno odabrati mjerne postaje, pogotovo referentnu ruralnu
- postaju, provesti provjeru pouzdanosti korištenih nizova podataka, odraditi morfološku
- analizu okoline postaja, te na kraju jasno prezentirati dobivene rezultate

- Kao jedna od metoda analize toplinskog otoka grada upotrebljava se intenzitet urbanog toplinskog otoka. On se određuje usporedbom temperature zraka u gradu i njegovoj ruralnoj okolini (Stewart i Oke, 2012).
Pretpostavka je kako će zimi i noću utjeci urbanog toplinskog otoka biti izraženiji

- Urbana zemljišta su primarno nastala ljudskim aktivnostima, kako kroz izgradnju puteva, objekata, tvorniča ili drugim prenamjenama prirodnog zemljišta
- Riječ je o gradskim mikrolokacijama
- Vertikalna i horizontalna heterogenost
- Čovječijim djelovanjem izmjenjena prirodna tla
- Mogu nastati:
 - Mješanjem prirodnih tala
 - Mješanjem prirodnih sa translociranim tlima ili sa građevinskim materialom

- Što je tlo više izmješano i izmjenjeno i što je u njemu više građevinskog materijala to je rizičnije za uzgoj biljaka i obrnuto
- Basic (2013.) i Hušnjak (2014) gradska tla svrstavaju u klasu tehnenih tala sa slojevima razl ičite debljine, tip tla je deposol, a značajke su temeljno ovisne o odloženom materijalu.
- izdvaja ju se tri tipa tla:
 1. tlo deponija;
 2. tlo flotacijskoga materijala i
 3. nanos otpadnog materijala u obliku nataloženih čestica iz zraka.

- Resulovic i sur. (2008.) gradska tla svrstavaju u tehnosole sa šest podklasa:
- tehnogena tla na izmijenjenom prirodnom supstratu;
- tehnogena tla na raznom otpadu;
- izmijenjena prirodna tla pod uticajem izgaranja;
- prirodna tla u koja su uneseni različiti materijali;
- tla gradskih prostora i
- potpuno izmijenjena prirodna tla

Autor	Naziv	Značajke
Blume, 1998.	Tla gradskih i industrijskih agromelioracija	Razlikuje tri skupine: <ul style="list-style-type: none"> - narušena tla na prirodnom matičnom supstratu - izmiješana tla na antropogenom supstratu - trajno prenamijenjena tla
Burghardt, 2002.	Gradska tla	<ul style="list-style-type: none"> - Značajke tla prema tipu nanosa, trenutnim fizikalnim i kemijskim značajkama te pedogenetskim procesima - Tla razvrstana prema provedenim tretmanima nanosa, dovoza materijala - Neka tla su u inicijalnom stadiju razvoja - Neka tla su reliktna načina korištenja u prošlosti, a njihov je okoliš drastično izmijenjen - Izrazita heterogenost u slojevima tla
Craul, 1999.	Gradska tla	<ul style="list-style-type: none"> - Temeljna razlika je u postanku – prirodna tla ostala u gradskom okolišu ili su to antropogena tla nastala djelovanjem čovjeka - Sljedeća je razlika prema mjestu i načinu postanka, tj. porijeklu odloženoga zemljišnoga materijala i njegovoj trenutnoj ulozi
FAO mapa tala svijeta	Antrosoli	<ul style="list-style-type: none"> - Tla nastala ljudskom djelatnosti - Četiri razine klasa: <i>aric</i>, <i>fimic</i>, <i>cumulic</i> i <i>urbic</i> antrosoli
Fiedler, 2001.	Gradska tla	<ul style="list-style-type: none"> - Odjel antropogenih tala, klasificirani u terestričke kultosole, zapuštene kultosole, tla otvorenih rudokopa, deposoli i trajno prenamijenjena tla, navodnjavana tla i reduktosoli
Kuntze, Roesch-mann i Schwerdt-fegger, 1994.	Odjel antropogenih tala = kultosoli	<ul style="list-style-type: none"> - Podijeljeni u tri klase i nerazvrstana tla: antropomorfna tla (deposoli, denusoli i intrusoli)
Pietsch i Kamieth, 1991.	Gradska tla	<ul style="list-style-type: none"> - Tla kao sastavnica gradskoga i industrijskog ekosustava - Trenutni način korištenja je temelj za točniju podjelu
Sauerwein, 2006.	Gradska tla	<ul style="list-style-type: none"> - Podjela prema izgledu gradskoga krajobraza
Schewerdtfegger i Urban, 1997.	Odjel antropogenih tala	<ul style="list-style-type: none"> - 7 razreda, temeljni način razlikovanja – način ljudskoga djelovanja i korištenja tala

Fizikalne osobine zemljišta

- Prema svojim fizikalnim osobinama tlo je trodijelni sistem koji ima svoju krutu, tekuću i plinovitu sastavnicu. Odnos pojedinih sastavnica je dinamična vrijednost
- (posebno odnos tekuće i plinovite faze koji se mijenja) ovisna o mehaničkom sastavu tla, klimi, trenutacćim vremenskim prilikama, godišnjem dobu, kao i o svim ostalim vanjskim činiocima. Kruta faza se sastoji od mineralnoga i organskog dijela. Mineralni dio potiče od matične stijene, a organski je manje ili više humificirana razgrađena organska tvar.
- Tekucu fazu tla čini vodena otopina tla
- Kruta faza tla po svojoj je naravi polidisperzni sistem koji se sastoji od čestica najrazličitijih dimenzija, od golim okom nevidljivih iona, molekula i koloida do čestica kamena.

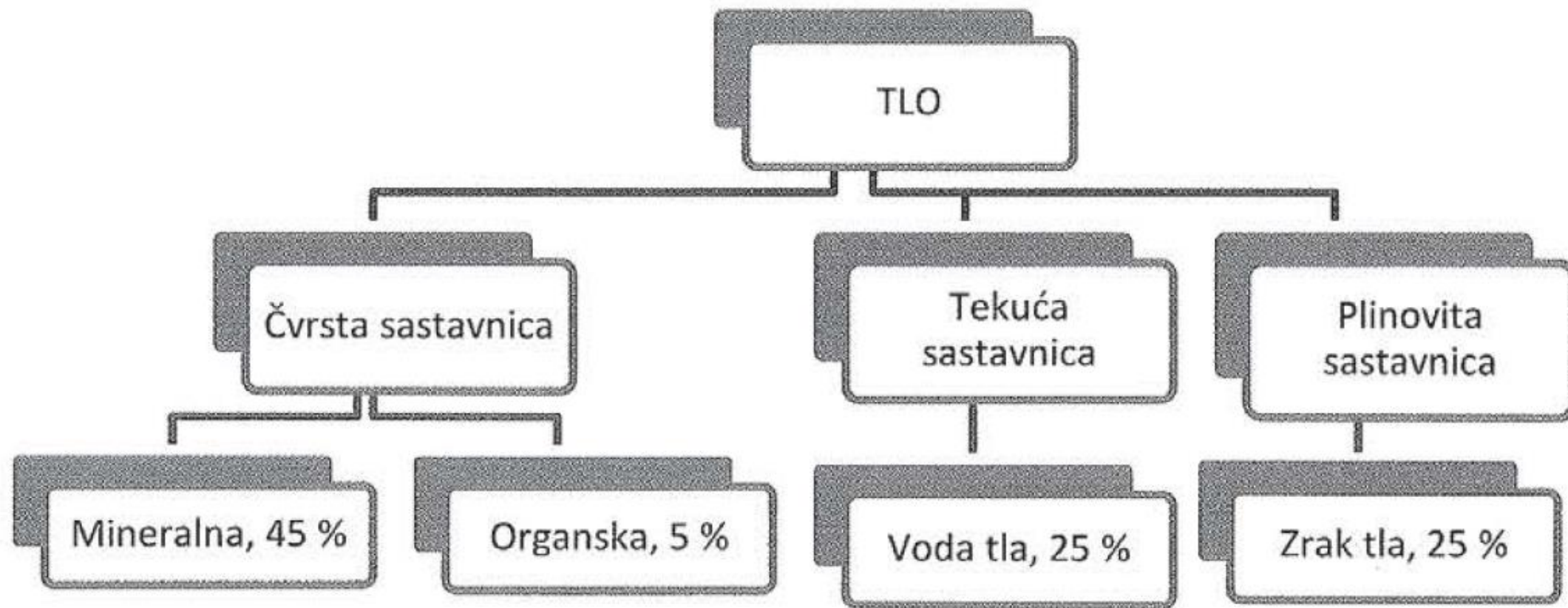
- Mehaničkom analizom se određuje postotna zastupljenost pojedinih frakcija u posebno pripremljenom uzorku tla koji se naziva sitno tlo ili sitnica.
- Pod pojmom mehaničkog sastava ili teksture podrazumijeva se sadržaj pojedinih frakcija u tlu u težinskim postotcima
- Sve klase se prema svojim osobinama mogu podijeliti na tri osnovne skupine - vrste tala:
 - pjeskovita,
 - ilovasta i
 - glinovita tla.
- Opšt je prihvaćeno da se glinovita tla označavaju kao teška, a pjeskovita kao laka tla. Povećanjem usitnjenosti (disperznosti) se povećava snaga držanja vode, kapacitet adsorpcije, količina vezanih hraniva, bubrenje, ljepljivost i plastičnost, a opada propusnost za vodu – unutrašnja prirodna dreniranost. Ukratko, popravljaju se hemijske, a kvare fizikalne osobine tla.

- Frakcije promjera većeg od dva milimetra nazivaju se skelet, a čestice manjih dimenzija sitno tlo ili sitnica. Prema sadržaju skeleta tla se dijele na skeletna s više od 50 % i skeletoidna s manje od 50% skeleta. U teksturnoj oznaci skeletnih tala na prvo mjesto u nazivu stavlja se oznaka skeletnosti, a zatim tekstura sitnice, npr. jako skeletna pjeskovita ilovača, a za skeletoidna tla na prvo mjesto u nazivu stavlja se tekstura sitnice, npr. pjeskovita ilovača, skeletoidna.

- Skelet - kamen i šljunak (od 2 do 20 mm promjera) gruba je frakcija tla koja nastaje fizikalnim trošenjem matične stijene i to su krupniji dijelovi supstrata. Veca količina skeleta nalazi se u tlima planinskih područja, aluvijalnim (tla nastala nanosom rijeka), koluvijalnim (tla nastala nanošenjem tla iz reljefskih visih u niža područja) ili aluvijalno-koluvijalnim tlima. Čestice skeleta neaktivne su u tlu. TI
- Tla bogata skeletom slabo drže vodu, suha su i vrlo propusna za vodu, topla i prozirna te sadrže malo hranjiva.
- Pijesak (čestice 2.0 - 0.02 mm promjera) također nastaje fizikalnim trošenjem matične stijene. Po svojim je osobinama nevezan, rastresit, ne drži vodu, jako je propustan za vodu, u njemu izostaje ili je slabo kapilarno dizanje vode, nije plastičan ni ljepljiv. U tlima bogatim glinom pijesak smanjuje negativne fizikalne osobine koje su posljedica visokog sadržaja gline.
- Prah (čestice 0.02 - 0.002 mm promjera) po svojim osobinama nalazi se između pijeska i gline. Nastaje fizikalnim trošenjem supstrata, a za razliku od pijeska manje je rastresit, ima veću povezanost, dobro zadržava vodu, ali je slabije propustan. Tla bogata prahom imaju nestabilnu strukturu te pokazuju sklonost zbijanju i stvaranju pokorice. Na nagnutim terenima tla bogata prahom vrlo su podložna eroziji vodom

- Glina (manje od 0.002 mm promjera), koja se još naziva grubo koloidna frakcija, najvažnija je i najaktivnija mehanička frakcija krute faze tla. Naziv glina podrazumijeva prirodni finozrnati agregat koji se odlikuje plastičnošću kad se pomiješa s ograničenom količinom vode i koji se stvrdne prilikom sušenja ili pečenja. Pojam gline i veličina čestica koje ju tvore nije na svim područjima ljudske aktivnosti jednoznačno određen. U običnom se govoru u nekim područjima ilovačom nazivaju teška glinovita tla.
- U nauci se pod pojmom gline podrazumijevaju sve čestice promjera manjeg od 0.002 mm, bez obzira na njihovo porijeklo, građu i sastav. Količina i narav frakcije gline izravno utiču na sve fizikalne, hemijske i biološke osobine tla te njegovu dinamiku.
- Glina je nepropusna za vodu, veže velike količine vode, jako je ljepljiva i plastična, u vodi bubri (povećava volumen), a u suhom stanju kontrahira (smanjuje volumen) i jako je tvrda.

- Pod pojmom strukture tla podrazumijevaju se veličina, oblik i način rasporeda strukturnih agregata u tlu. Klasifikacija strukture može se provesti na temelju različitih kriterija - oblika i veličine pora, mikrostrukture i slično.
- danas je najčešća klasifikacija na temelju veličine i oblika strukturnih agregata
- Prema veličini agregati mogu biti:
 - mikroagregati do 0.25 mm promjera;
 - mezoagregati 0.25 - 2.00 mm promjera;
 - makroagregati 2.00 - 50.0 mm promjera i
 - megaagregati više od 50 mm promjera.
- U prirodi su rijetka bestrukturna tla.
- Pod pojmom strukturnog tla općenito se podrazumijeva tlo optimalne mrvičaste strukture u oraničnom sloju,



Slika 30. Optimalni volumni sastav tla

- Struktura je jedan od najvažnijih obilježja plodnosti tla. Ona može znatno korigirati loše osobine tla prouzročene teksturom. Tla s povoljnom strukturom su prozračna, rahla, rastresita, povoljna za obradu pa se korijenov sistem u njima optimalno razvija. Strukturno je tlo porozno, s povoljnim odnosom mikropora i makropora, taj je odnos stabilan i u uvjetima pojačanog vlaženja. Tla stabilne strukture imaju dobar vodni režim, propusna su za vodu, dobro primaju i zadržavaju vodu, nisu podložna sušenju i stvaraju rezerve vode u tlu. Suvišna voda iz takvih tala procjeđuje se kroz sustav makropora. Takva su tla, dakle, dobro drenirana. Stabilna struktura važan je pokazatelj zračnog režima tla, ona omogućuje aeraciju, a zahvaljujući tome i povoljan toplinski režim. Tla bez strukture imaju upravo obrnute osobine, loš vodozadržavajući režim i slabu dreniranost, a povremeno u njima nastaju procesi redukcije zbog dužg zadržavanja vode. Na njima se za jačih oborina oblikuje pokorica, veći je otpor obradi, slaba je kvaliteta obrade, smanjena je mikrobiološka aktivnost i manji je hranidbeni potencijal. Ukratko, manja im je plodnost i prinos uzgajanih kultura od tla povoljne strukture.

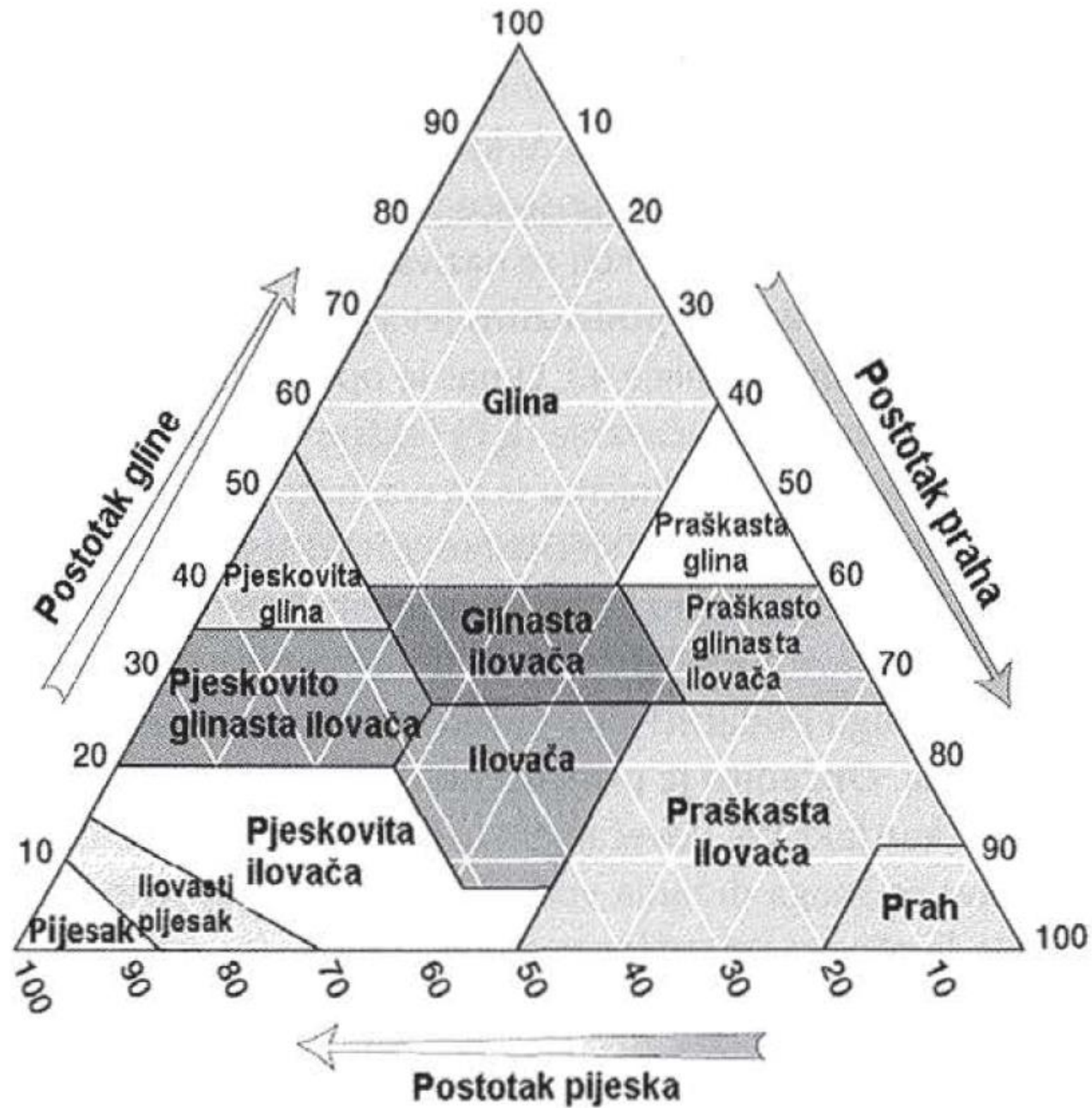
- Slobodni prostori između strukturnih agregata nazivaju se pore, a njihov ukupni sadržaj u volumnim postotcima naziva se poroznost tla. U porama se u dinamičnom odnosu, dakle u stalnoj izmjeni, nalaze ključni dijelovi plodnosti tla - voda i zrak, a u njih se smješta korijen biljaka i fauna tla. Pore su najrazličitijih dimenzija, od krupnih pukotina, hodnika faune, do kapilarnih i mikrokapilarnih pora.
- Prema ulozi u tlu i veličini pore tla se mogu u osnovi podijeliti na makropore ili nekapilarne pore i mikropore - kapilarne pore. Makropore su pore većih dimenzija, u njima se nalazi zrak, a vodom su ispunjene kratkotrajno, samo za vrijeme oborina/ za vrijeme poplave. Kroz te se pore descendentno kreće voda u tlu.
- Mikropore su pore kapilarnih dimenzija. Ispunjene su vodom, a s gubitkom vode u njih prodire zrak. U kapilarnim porama voda je pod utjecajem kapilarnih sila. One omogućuju kretanje vode u svim smjerovima. Voda u kapilarnim porama naziva se kapilarnom i sva je pristupačna biljci. Kapilarne pore određuju vodni režim tla.
- Povoljne vodozračne prilike u tlu nastaju samo pri optimalnom odnosu makropora i mikropora. Smatra se da je to odnos 1 : 1 odnosno 3 : 2 u korist kapilarnih pora.
- Poroznost tla ovisi o brojnim činiocima, prije svega o mehaničkom sastavu, strukturi i sadržju organske tvari. Povećanjem stupnja disperzije, dakle sadržja sitnijih čestica u tlu, povećava se poroznost, ali se smanjuje sadržaj makropora, dakle kvare se zračne prilike u tlu.

- Ukupna poroznost pjeskovitih tala je oko 30 %, ilovastih 40 - 45 %, glinovitih više od 50 %, pod uvjetom da nisu zbijena. U pjeskovitim tlima prevladavaju makropore. Takva su tla zbog toga i sa znatno manjim sadržajem pora od glinovitih tala prozračnija i toplija jer u njima prevladavaju makropore ispunjene zrakom. Poroznost ovisi i o vrsti glinenih minerala jer se bubrenjem gline smanjuje poroznost, a kontrakcijom tla u masi tla nastaju makropore i pukotine. Bestrukturna glinovita tla sadrže samo kapilarne pore, a pijesak samo makropore, što je u oba slučaja nepovoljan odnos pora.
- Povećanjem sadržaja humusa povećava se u pravilu ukupna poroznost, osobito broj makropora jer se stvara povoljna struktura s optimalnim odnosom pora i vodozračnim prilikama.

Tablica 4. Međunarodna klasifikacija granulometrijskog (mehaničkog) sastava tla

Skelet, promjera većeg od 2 mm		Sitno tlo – sitnica, promjera manjeg od 2 mm	
Kamen	Više od 20	Krupni pijesak	2.0 – 0.2
Šljunak	20 – 2.0	Sitni pijesak	0.2 – 0.02
		Prah	0.02 – 0.002
		Glina	< 0.002
Skeletna tla		Skeletoidna tla	
I. Apsolutno skeletna tla: više od 90 % skeleta		I. Jako skeletoidna tla: 30 – 50 % skeleta	
II. Jako skeletna tla: 70 – 90 % skeleta		II. Skeletoidna tla: 10 – 30 % skeleta	
III. Skeletna tla: 50 – 70 % skeleta		III. Slabo skeletna tla: manje od 10 % skeleta	

Izvor: Resulović i Čustović, 2005.



Slika 31. Atterbergov trokut za određivanje mehaničkog sastava tla

- Gasovita faza tla dio je pedosfere smješten u sustavu pora koje nisu ispunjene vodom. Voda i zrak u tlu su u konkurentskim odnosima. Veći sadržaj vode smanjuje količinu zraka i obrnuto. Odnos vode i zraka vrlo je dinamičan, ovisan o osobinama i dinamici tla praktički se iz minute u minutu mijenja. Zrak tla sastoji se od različitih plinova koji dolaze u tlo iz atmosfere ili se stvaraju u tlu. Najvažnije su razlike u odnosu na zrak u atmosferi u tome što je on u pravilu veći dio godine potpuno zasićen vodenom parom, bogatiji ugljikovim dioksidom, a siromašniji kisikom

- Premda zrak tla potiče uglavnom iz atmosfere, dio plinova stvara se i u tlu kao posljedica mikrobiološko~ biohemijskih procesa. Zbirj sadržaja ugljikova CO₂ i kisika (O₂) u zraku tla i u atmosferi približno je jednak, dakle, ako u tlu ima više kisika, bit će manje ugljikova dioksida i obrnuto. Prem a tome, odnos CO₂ i O₂ u tlu ovisi o aeraciji - prozračnosti tla. CO₂ se u tlu oslobađa disanjem korijena biljke i mikrobiološkom razgradnjom organske tvari. Zbog toga je sadržaj CO₂ veći u ljetnom nego u zimskom razdoblju, veći je u tlima s većom biološkom aktivnosti, kao što su humozna tla, nego u mineralnim tlima niske biološke aktivnosti, veći je u vlažnom nego u suhom tlu, u težem nego u lakšem, u bestrukturinom nego u dobro prozračnom strukturnom tlu (Bilandzija i sur., 2016.). U tlima male prozračnosti, u uvjetima redukcije, u malim količinama nastaju - amonijak (NH₃), metan (CH₄), sumporovodik (H₂S), vodik (H₂) i drugi plinovi. Njihova je pojava indikator nepovoljnog stanja u tlu - narušenih vodozračnih prilika u tlu jer mogu nastati samo u uvjetima nedostatka kisika.

Tablica 5. Sastav zraka atmosfere i pedosfere

Plin	Volumni udjel u atmosferi, %	Volumni udjel u zraku tla (pedosferi), %
Dušik (N ₂)	78.09	78 – 80
Kisik (O ₂)	20.95	0.1 – 20
Argon (Ar)*	0.93	
Ugljikov dioksid (CO ₂)	0.03	0.1 – 15
Neon (Ne)*	0.018	
Helij (He)*	0.0052	
Metan (CH ₄)	0.0015	
Kripton (Kr)*	0.001	
Dušik(I)oksid (N ₂ O)	0.005	
Vodik (H ₂)	0.0005	
Ozon (O ₃)	0.0004	
Ksenon (Xe)*	0.000008	

*plemeniti plinovi, u zraku ih je ukupno 0,95 %. Izvor: Resulović i Čustović, 2005.

Hemijske i biološke osobine tla

- Hemijske osobine tla rezultat su pedogenetskih procesa - dinamike tla. Vrlo su važan faktor plodnosti jer određuju hranidbeni potencijal tla i tako izravno utiču na biološke i na mehaničke i fizikalne osobine tla.
- U širem smislu riječi pod pojmom humusa podrazumijeva se sva mrtva organska tvar tla, a u užem smislu to je posebna organska tvar tamne boje nastala procesima humifikacije. To su vrlo komplicirani procesi razgradnje izvorne organske tvari i sinteze novih, složenijih spojeva pod utjecajem mikroorganizama u tlu. Neki spojevi u izvornoj organskoj tvari u procesu humifikacije razlažu se do mineralnih *tvari* – ugljikova dioksida i vode, a oslobođena energija koristi se u metabolizmu mikroorganizama koji obavljaju tu razgradnju. Drugi spojevi uz duboke hemijske promjene, u čijem rezultatu nastaju spojevi složeniji od izvornih, prelaze u organsku tvar koloidne prirode otpornu na razgradnju - humus.
- *Sastav* humusa je složen i ne može se izraziti jedinstvenom hemijskom formulom, premda se odgovarajućim postupcima iz njega mogu izluciti poznati kemijski spojevi kao sastavnice humusa. No, i nakon toga ostaje određeni dio čija hemijska priroda ni danas nije do kraja poznata ni razjašnjena.
- s obzirom na sadržaj pojedinih frakcija izdvajaju se *dva* osnovna oblika humusa u tlu,

- Jedna od važnih osobina tla koja je kriterij za ocjenu kvalitete humusa jest **odnos ugljika i azota ili C/N odnos**.
- Taj odnos ovisi o uvjetima u kojima nastaje proces humifikacije. **Optimalan odnos C/N je 10: 1**, a širi odnos označava slabiju kvalitetu humusa. Za stvaranje optimalnih uvjeta humifikacije i nastanak blagoga ili zrelog humusa, tlo treba sadržavati količinu azota što bliže optimalnom odnosu
- Žetveni ostaci većine kultura, pogotovo strnih žitarica i kukuruza, imaju nepovoljan, vrlo širok C/N odnos. Za njihovu bržu i kvalitetnu razgradnju potrebno je gnojidbom azotom taj odnos suziti i približiti optimalnom. U protivnom se mikroorganizmi humifikatori za svoj metabolizam koriste rezervama azota iz tla.
- To može prouzročiti privremeni nedostatak, tzv. *azotnu* depresiju za usjev. Pojava je česta u ozimih strnina, osobito pšenice pri zaoravanju velikih količina žetvenih ostataka u ranoproljetnom razdoblju u vrijeme najveće mikrobiološke aktivnosti. Naime, u tim uvjetima između mikroorganizama i biljke nastaje neka *vrsta* konkurentskog odnosa u odnosu na ishranu azotom jer i biljka i mikroorganizmi trebaju taj azot. Ako prevladaju mikroorganizmi, na biljci se kratkotrajno mogu pojaviti znakovi nedostatka azota.

- Premda mu je sadržaj u odnosu na mineralni dio znatno manji, a dubina do koje dolazi mala, zbog svojih osobina, prije svega koloidne prirode, humus je osim gline najaktivnija sastavnica tla. Humus ima visok kapacitet adsorpcije, približno dva puta veći od nekih minerala gline. Humus višestruko pozitivno utiče na tlo:
- osnovni je faktor stvaranja i održavanja stabilne mrvičaste strukture, visoke poroznosti i optimalnog odnosa mikropora i makropora, a time i najpovoljnijih vodozračnih prilika i dobre dreniranosti - propusnosti tla za vodu;
- ima velik kapacitet za vodu;
- zbog tamne boje povoljno utiče na zagrijavanje i toplinske osobine tla;
- humus ima visok kapacitet adsorpcije;
- sadrži hranjiva koja oslobođena u procesu mineralizacije povećavaju hranidbeni potencijal tla;
- povoljno utiče na mikrobiološku aktivnost tla.

- **pH reakcija tla** prikazuje odnos koncentracije vodikovih i hidroksilnih iona.
- Ako je koncentracija H^+ iona veća, reakcija je kisela, riječ je o kiselosti ili aciditetu tla, a ako je veća koncentracija OH^- iona, reakcija je bazicna/ alkalna pa je riječ o bazičnosti tla
- Tla s jednakom koncentracijom vodikovih i hidroksilnih iona imaju neutralnu reakciju.
- Reakcija otopine tla kvantitativno se izražava u pH jedinicama
- Pri vrijednosti pH 7 izjednačene su koncentracije H^+ i OH^- iona u otopini, u njoj se nalazi 10^{-7} grama H^+ iona odnosno 10^{-7} gram~ekvivalenata OH^- iona u litri otopine.
- sva tla s pH vrijednosti manjom od pH 7 su kisela, s više od pH 7 bazična, a tla s pH 7 neutralna. Detaljnija je razdioba prema raznim vrijednostima reakcije tla i otopini u kojoj je vrijednost očitana.

Šećerna repa	6.0 – 7.0	5.5 – 7.5	Sirak	5.5 – 7.0	5.0 – 8.5
Bijela djetelina	5.0 – 5.5	5.5 – 8.0	Suncokret	6.0 – 7.0	5.5 – 7.5
Krumpir		4.5 – 7.5	Pšenica		5.3 – 7.0
Ječam		5.3 – 7.0	Raž		5.3 – 7.0
Grah		5.3 – 7.0	Duhan		5.3 – 7.0
Soja		5.3 – 7.0	Hmelj		5.3 – 7.0
Lan		5.6 – 7.3	Uljana repica		5.6 – 7.3
Cvijeci					
Anturium	5.5 – 6.5	5.0 – 7.5	Hibiskus	6.0 – 7.0	5.0 – 8.0
Borovnica	4.0 – 5.5		Rododendron	4.0 – 5.5	
Azaleja	4.5 – 5.0		Iksora	6.0 – 7.5	5.0 – 8.0
Begonija	5.5 – 7.0		Bugenvilija	5.5 – 7.0	5.0 – 8.0
Kamelija	4.5 – 5.5		Magnolija	5.5 – 6.5	5.0 – 7.0
Krizantema	6.0 – 7.5	5.0 – 8.0	Oleander	6.0 – 7.5	
Orhideja	4.0 – 5.0		Geranium	6.0 – 7.0	5.5 – 8.0
Ruža	5.5 – 7.0		Šipak	6.0 – 7.5	

Kupus	6.0 – 7.0	5.5 – 7.0	Crveni luk	6.0 – 6.5	5.5 – 7.0
Mrkva	5.5 – 6.5	5.0 – 7.0	Grah i Grašak	5.5 – 6.5	5.0 – 7.0
Cvjetača	6.0 – 7.0	5.5 – 7.5	Celer	5.8 – 7.0	5.0 – 7.5
Krastavac	5.5 – 6.5	5.0 – 7.0	Kukuruz šećerac	5.5 – 7.0	5.0 – 8.0
Slatki krumpir	5.0 – 6.0	5.0 – 7.0	Rajčica	5.5 – 7.0	5.0 – 7.5
Salata	6.0 – 7.0	5.5 – 7.5	Lubenica	5.0 – 6.5	5.0 – 7.0
Karfiol	5.0 – 7.0	6.5 – 7.0	Špinat	5.0 – 7.0	6.5 – 7.0
Dvočestoletnik					
Orah		5.5 – 7.0	Breza		5.0 – 7.0
Ribiz		5.0 – 7.0	Hrast		5.0 – 7.0
Jasen		5.0 – 7.0	Cedar		5.0 – 7.5
Bukva		5.0 – 7.0	Čempres		5.0 – 8.0
Topola		5.0 – 7.0	Trešnja		4.5 – 6.5
Lješnjak		5.0 – 7.0	Lovor		4.5 – 7.0
Smreka		5.0 – 7.0	Vrba		4.5 – 7.0
Brijest		5.0 – 7.0	Bor		4.5 – 5.5
Marelisa		5.0 – 7.0	Borovnica		3.5 – 4.5
Crveni hrast		5.5 – 7.5	Brusnica		3.5 – 4.5

Izvor: Bašić i Herceg, 2010.; Londo, 2006.

Kiselo						Neutralno		Lužnato						
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Akumulatorska kiselina		Limunski sok	Vino		Normalna kiša	Destilirana voda		Soda voda	Mekani sapun		Amonijak		Lužina	

Slika 34. Shematski prikaz reakcije pojedinih medija

Tablica 7. Optimalna i tolerantna reakcija tla za rast i razvoj pojedinih kultura

Biljka	Optimalni pH	Tolerantni pH	Biljka	Optimalni pH	Tolerantni pH
Oranične kulture					
Lucerna	6.5 – 7.5	6.0 – 8.0	Riža	5.0 – 6.5	4.5 – 8.0
Šećerna repa	6.0 – 7.0	5.5 – 7.5	Sirak	5.5 – 7.0	5.0 – 8.5
Bijela djetelina	5.0 – 5.5	5.5 – 8.0	Suncokret	6.0 – 7.0	5.5 – 7.5
Krumpir		4.5 – 7.5	Pšenica		5.3 – 7.0
Ječam		5.3 – 7.0	Raž		5.3 – 7.0
Grah		5.3 – 7.0	Duhan		5.3 – 7.0
Soja		5.3 – 7.0	Hmelj		5.3 – 7.0
Lan		5.6 – 7.3	Uljana repica		5.6 – 7.3
Cvjetno					
Anturium	5.5 – 6.5	5.0 – 7.5	Hibiskus	6.0 – 7.0	5.0 – 8.0
Borovnica	4.0 – 5.5		Rododendron	4.0 – 5.5	
Azaleja	4.5 – 5.0		Iksora	6.0 – 7.5	5.0 – 8.0
Begonija	5.5 – 7.0		Bugenvilija	5.5 – 7.0	5.0 – 8.0
Kamelija	4.5 – 5.5		Magnolija	5.5 – 6.5	5.0 – 7.0
Krizantema	6.0 – 7.5	5.0 – 8.0	Oleander	6.0 – 7.5	
Orhideja	4.0 – 5.0		Geranium	6.0 – 7.0	5.5 – 8.0
Ruža	5.5 – 7.0		Šipak	6.0 – 7.5	
Povrtne kulture					
Šparoga	5.5 – 7.0	5.0 – 8.0	Repica	6.0 – 7.0	5.5 – 7.5
Bijeli papar	5.5 – 6.5	5.0 – 7.0	Brokula	6.0 – 7.5	5.5 – 7.5
Kupus	6.0 – 7.0	5.5 – 7.0	Crveni luk	6.0 – 6.5	5.5 – 7.0
Mrkva	5.5 – 6.5	5.0 – 7.0	Grah i Grašak	5.5 – 6.5	5.0 – 7.0
Cvjetača	6.0 – 7.0	5.5 – 7.5	Celer	5.8 – 7.0	5.0 – 7.5
Krastavac	5.5 – 6.5	5.0 – 7.0	Kukuruz šećerac	5.5 – 7.0	5.0 – 8.0
Slatki krumpir	5.0 – 6.0	5.0 – 7.0	Rajčica	5.5 – 7.0	5.0 – 7.5
Salata	6.0 – 7.0	5.5 – 7.5	Lubenica	5.0 – 6.5	5.0 – 7.0
Karfiol	5.0 – 7.0	6.5 – 7.0	Špinat	5.0 – 7.0	6.5 – 7.0
Drveće i grmlje					
Orah		5.5 – 7.0	Breza		5.0 – 7.0
Ribiz		5.0 – 7.0	Hrast		5.0 – 7.0
Jasen		5.0 – 7.0	Cedar		5.0 – 7.5
Bukva		5.0 – 7.0	Čempres		5.0 – 8.0
Topola		5.0 – 7.0	Trešnja		4.5 – 6.5
Lješnjak		5.0 – 7.0	Lovor		4.5 – 7.0
Smreka		5.0 – 7.0	Vrba		4.5 – 7.0
Brijest		5.0 – 7.0	Bor		4.5 – 5.5
Marelica		5.0 – 7.0	Borovnica		3.5 – 4.5
Crveni hrast		5.5 – 7.5	Brusnica		3.5 – 4.5

Izvor: Bašić i Herceg, 2010.; Londo, 2006.

Hemijske i biološke osobine tla

- Humus u tlu –
- Spoljar (2015.) prema Skoricu (1991.) na temelju sadržaja humusa tla dijeli na:
 - vrlo slabo humozna: do 1 %;
 - slabo: 1-3 %;
 - dosta: 3-5 %;
 - jako: 5 - 10 % i
 - vrlo jako humozna, s više od 10 % humusa.

- Živi organizmi u tlu ne smatraju se sastavnim dijelom tla - pedosfere, oni pripadaju biosferi premda značajno utječu na sve značajke tla, a i sami su pod njihovim utjecajem
- Životinjski organizmi, fauna ili pedofauna, snatno utiču na važnije osobine tla. Pripadnici faune tla rahle tlo, stvaraju u njemu brojne hodnike i tako povećavaju propusnost za vodu i zrak, sljepljuju manje čestice u strukturne agregate tla i razgrađuju organske tvari u procesu humifikacije. Morfološki se utjecaj tih organizama opaža po pojavi tzv. krotovina u tlu. To su ostaci hodnika pojedinih životinja rovilica, a lako se raspoznaju po kontrastu u boji.
- Tako se u humusnom horizontu može pojaviti svjetliji zemljišni materijal iz dubljih slojeva ili u dubljim slojevima tamni zemljišni materijal iz humusnog horizonta.
- U uslovima humidne klime u tlu živi krtica, koja je često nepoželjan gost u vrtu, no za sušne jeseni ona može izmiješati i prorahliti veću masu tla. U tlu svoje nastambe prave i neke šumske životinje - lisica i jazavac.
- Osobito važnu zadacu u tlu imaju kišne gliste (*Lumbricus terrestris*) ili kompostne gliste (*Eisenia foetida*) koje zbog njihove važnosti u tlu neki nazivaju malim podzemnim ratarima ili zbog njihova učinka na kvalitetu tla - podzemnim stadom krava (Kreuter, 2008.). Njihov broj varira od nekoliko hičjada do nekoliko milijuna, a težina im je od nekoliko stotina kilograma do jedne ili najviše dvije tone po hektaru (Birkas, 2005.). Izmet kišnih glista u prosjeku sadrži 5 puta više azota, 7 puta više fosfora, 11 puta više kalija, 2 puta više magnezija i 4 puta više kalcija
- Pogoduje im tlo bogato humusom neutralne do slabo kisele reakcije.
- Smatra se kako probavnim traktom glista godišnje prođe 30 tona talnog materijala, odnosno sva masa tla do dubine od 30 cm probavnim traktom glista prođe za 60 do 100 godina. Gliste vrlo povoljno utječu na tlo, a njihov broj i kondicija dobar su indikator povoljnog stanja u tlu. Ako u vašem vrtu nema glista, nešto nije u redu s vašim tlom. Francuski seljaci znaju reći: *dragi Bog zna kako se radi plodno tlo, a svoju je tajnu povjerio kišnim glistama.*
- Glista nema u suhim i pjeskovitim tlima. U takvim tlima dominiraju različiti crvi, ličinke i kukci. Neki su predstavnici makrofaune štetnici na poljoprivrednim kulturama, npr. hrčak, poljski miševi, grčice, rovac i dr.

- Plodnost je sposobnost tla da osigura potrebe biljaka za hranjivim tvarima, vodom, zrakom i toplinom, tj. da osigura pogodne uvjete za razvoj podzemnoga i nadzemnog dijela biljke. Prema toj definiciji plodnost je opći pokazatelj svih osobina tla - sinteza hemijskih, fizikalnih, vodnih, zračnih i toplinskih svojstava
- Osobine tla ključne za njegovu plodnost jesu:
 - reakcija tla (pH vrijednost),
 - Sadržaj i oblik humusa,
 - mehanički sastav - osobito količina i vrsta minerala glina te
 - kapacitet tla za vodu i zrak,
 - sadržaj fiziološki aktivnih hraniva, poroznost itd.
- Svi su ti pokazatelji mjerljivi, mogu se kvantificirati te na osnovi toga ocijeniti plodnost kao skupnu značajku na koju utječu sve nabrojane osobine tla

Uloge tla

- Uloga tla u tvorbi organske tvari - Najznačajnija je, nezamjenjiva i primarna uloga tla opskrba biljke vodom, zrakom i hranjivima, što omogućuje proizvodnju biomase - organske tvari fotosintezom.
- tlo je nezamjenjiv faktor održanja života na Zemlji, odnosno biljne proizvodnje u primarnim gospodarskim granama - poljoprivredi i šumarstvu.
- Proizvodnjom organske tvari čovjek podmiruje prehrambene i neprehrambene potrebe. Naime, u toj ulozi tlo nam u poljoprivredi i šumarstvu omogućuje opskrbu hranom i energijom (ogrjev, biodizel, alkohol kao pogonsko gorivo).

- **Ekološko-regulacijska uloga tla** - Tlo ima značajno mjesto u biološkom kruženju tvari i energije. S obzirom na smještaj između litosfere i atmosfere, neposredan dodir sa hidrosferom i antroposferom, odnosno biosferom, tlo ima ulogu prijamnika tvari koje se emitiraju iz tih sfera u okoliš, a ekološki su relevantne za sve članove biosfere, bez obzira na to imaju li pozitivan ili negativan utjecaj. Te se tvari u tlu mogu nakupljati pa tlo ima ulogu njihova skupljača zahvaljujući mehaničkoj, fizikalnoj i fizikalno-hemijskoj sorpciji tih tvari. Tako sakupljene tvari, napose organske, pomoću mikrobiološkog kompleksa, tlo može izmijeniti pa ono ima ulogu izmjenjivača tih tvari. Npr. ekološki jako relevantne i agresivne tvari, kao što su pesticidi ili ugljikovodici, tlo postupno razgrađuje u ekološki bezopasne oblike, pri čemu nije isključena ni mogućnost da se u toj transformaciji pojave i tvari još veće toksičnosti
- **Tlo kao pročistac (filtrar) vode** - Tlo je djelotvorni univerzalni prirodni pročistač, filtrar za vodu koja kroz tlo prodire u podzemlje. S pomoću koloidnog kompleksa tlo veže različite tvari koje u procesu prirodnog kruženja tvari, odnosno u hranidbenom lancu, pristižu u tlo u obliku suhih aerodepozicija kao prašina ili oborinske vode, kao mokra depozicija ili, još opasnije, kao kisele kiše. To vrijedi i za ekološki rizične tvari, dakle, različite onečišćivače - polutante. Tako tlo kao univerzalni pročistač čisti, filtrira oborinsku vodu i štiti podzemnu vodu, a njome i akvatične ekosustave (vodotoke, jezera i more) od onečišćenja - kontaminacije. Širi značaj filtracijske i puferizacijske sposobnosti tla vidi se iz podatka da se 65 % ukupnog stanovništva u Europi opskrbljuje pitkom vodom iz podzemne vode

- **Tlo kao univerzalni pufer** - Kisele sastavnice tlo puferira s pomoću kationa, kao što su natrij, kalcij, kalij, magnezij te se tako odupire većim promjenama reakcije tla. Puferizacija nastaje i drugim mehanizmima, kao što je vezanje stranih tvari na adsorpcijski kompleks. Smatra se da se više od 99 % pesticida koji ulaze u tlo inaktivira na takav način prelazeći u netoksične - ekološki irelevantne tvari. Ostatak, premda malen, može ugroziti podzemnu vodu u područjima s primjenom većih količina pesticida
- Neke tvari u tlu, kao što je, npr. bakar, mogu neizravno, utječući na smanjenu biološku aktivnost tla, usporiti ili smanjiti razgradnju ostataka pesticida u tlu. To je osobit problem vinogradarskih tala
- Kapacitet puferizacije tla, dakle njegove sposobnosti vezanja i inaktivacije tvari, ograničena je i promjenjiva vrijednost. Od trenutka kada je adsorpcijski kompleks tla zasićen, ono postaje izvor emisije onečišćenja u podzemnu vodu. Poznata metafora hemijska tempirana bomba odnosi se upravo na trenutak kada mehanizam puferizacije tla zbog vanjskih utjecaja, kao što je pretjerana emisija štetnih tvari u tlo, naglo popusti i tlo postaje nagli izvor emisije onečišćenja u podzemnu vodu.

- **Klimatsko-regulacijska uloga tla** - Tio je središnja karika u lancu biotransformacije organskog ugljika, ono utiče na sadržaj i ukupnu količinu CO₂ i drugih plinova koji uzrokuju tzv. efekt staklenika
- Globalno, ukupna količina organskog ugljika u tlu – humosferi je trostruko veća nego u nadzemnoj biološkoj masi. Najnovija i vrlo značajna zadaća gospodarenja tlom, a napose obrade tla, jest gospodarenje organskim ugljikom u tlu
- Dvije su mogućnosti:
- vezati ga u biljnim ostatcima usjeva i zadržati na tlu u obliku malča ili stimulirati humifikaciju i usmjeravati ga u trajni humus koristeći se fertilizacijskom vrijednošću organske tvari, stimulirati mineralizaciju - oslobađanje CO₂
- Budući da je ugljikov dioksid tzv. staklenički plin, on utiče na globalno zatopljenje. Smatra se da oko 25 % ukupno emitiranog ugljika potječe iz tla - poljoprivrede. S obzirom na predviđena ograničenja emisije ugljikova dioksida, gospodarenje tlom sutrašnjice dobit će nove zadaće pri reguliranju količine ugljika emitiranog u atmosferu, i to smanjenjem njegove emisije

- **Tlo kao izvor genskog bogatstva i zaštite biološke raznolikosti**
- **Tlo** je stanište i genski rezervat brojnih mikroorganizama i makroorganizama, odnosno pedoflore i pedofaune tla. Dobro plodno tlo mora imati primjerenu biološku aktivnost i pokazivati veliku biološku raznolikost. Biološka degradacija tla nerazdvojno je povezana s degradacijom fizikalnih i hemijskih obilježja tla.
- Težina ugljika u tlu procjenjuje se na 1 550 milijardi tona, dvostruko je veća nego u atmosferi, gdje se procjenjuje na oko 750 milijardi tona, trostruko je veća nego u svim živim organizmima (biosferi) na Zemlji, a procjenjuje se na 550 milijardi tona
- To je golemo genetsko bogatstvo iz kojega će se crpsti genetski materijal za različite potrebe poljoprivrede i ostalih srodnih nauka u budućnosti

- **Prostorna uloga tla** - Osobine tla imaju ključnu ulogu u korištenju prostora
- Pedosfera omogućuje prostor za širenje gradskih sredina, prometnica, rekreacijskih površina, deponija za odlaganje otpada i dr. Osim toga, tlo je građevni element prirodnoga ili antropogenim utjecajem izmijenjenog krajolika.
- To se, nažalost, zaboravlja. Sva infrastruktura - gradske sredine, naselja, ceste, zračne luke i vodne akumulacije izgrađene su na zemljištu
- Nije svejedno jesu li trase cesta i lokacija raznih objekata smješteni na jednom ili drugom tipu tla. Krive procjene o lokaciji mogu prouzrokovati trajne i nesagledive posljedice za korištenje tih objekata.
- Oko 4,6 % ukupne površine tla u zemljama Europske unije nalazi se pod zgradama.
- U 2006. godini svaki građanin Europske unije bio je odgovoran za trajni gubitak 389 m², što je 3.8 % više u odnosu na 1990. godinu
- Zemljište se iskorištava i kao odlagalište različitih tvari, uključujući industrijski otpad i otpad iz domaćinstava. Djelotvornost odlagališta uvelike ovisi o tlu na kojemu je odlagalište locirano. Ključnu ulogu u oblikovanju krajobraznih vrijednosti ima upravo tlo jer ono određuje moguće načine korištenja prostora. Od početaka civilizacije do danas čovjek je u prirodne krajobrazne utisnuo svoje poruke mijenjajući prirodnu vegetaciju, unoseći u prostor poljoprivredu i različite infrastrukturne objekte koji su isključivo njemu i namijenjeni.
- za radikalno izmijenjen krajobraz ljudskom djelatnošću prihvaćen termin: **Anthroscape**.

- **Tlo kao izvor sirovina –**

- Tlo je značajan izvor sirovina, za građevnu industriju (iskorištavanje gline, pijeska, šljunka, proizvodnja cigle i crijepa) ili se upotrebljava kao gorivo, npr. tresetna tla. Treset je isto tako sirovina za proizvodnju supstrata za zatvorene prostore (staklenici, plastenici, lončanice).
- Eksploatacija tih sirovina uvijek je povezana s oštećenjem tla otvorenim kopovima, odnosno prekrivanjem drugih plodnih tala tim materijalima.
- 0,05 do 0,1 % površine tla u Europi uništeno je otvorenim kopovima za potrebe rudarstva

- **Tlo kao istorijski medij** –
- u njemu se nalaze konzervirani različiti arheološki artefakti i paleontološki materijali kao izvori informacija za rekonstrukciju geoloških događaja na određenom prostoru . Lokacije s arheološkim nalazima imaju posebnu vrijednost i mogu odlučno utjecati na smještaj nekih objekata i trase prometnica.

Oneciscenje tala

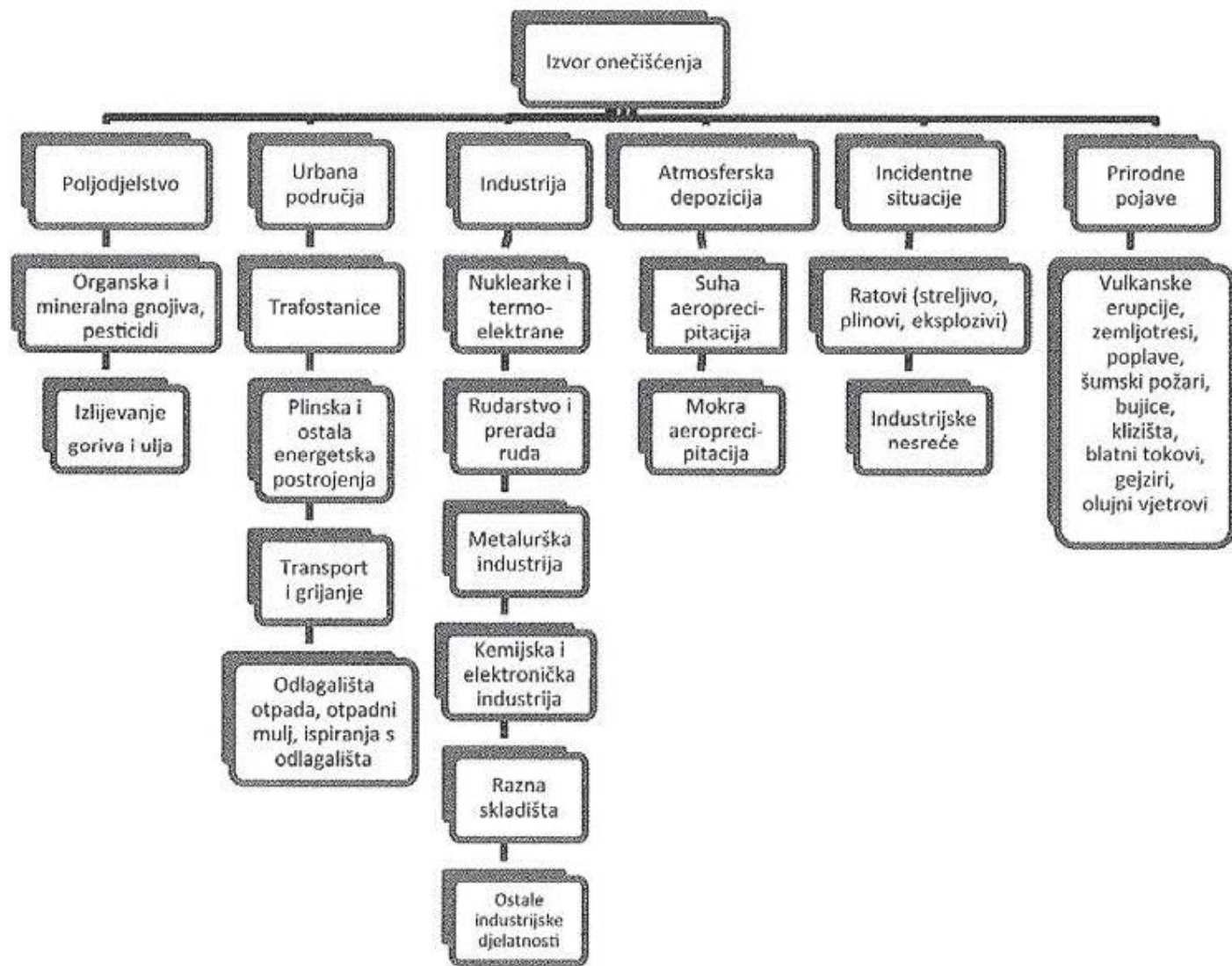
- Kada se govori o razvoju gradske poljoprivrede, prvo što svima padne na pamet jest kvaliteta okoliša, primarno tla. Je li tlo čisto, ako je onečišćeno/zagađeno, čime je onečišćeno/zagađeno i na koji ga način sanirati
- Ako se na njemu smije baviti poljoprivredom, kojim oblicima, koje usjeve sijati/saditi (uzgajati), sve su to pitanja koja traže odgovor.

STUPANJ OŠTEĆENJA	VRSTA OŠTEĆENJA	PROCESI OŠTEĆENJA	POSLEDICE
I. SLABO LAKO OBNOVLJIVO (REVERZIBILNO)	DEGRADACIJA TALA U INTENZIVNOJ PROIZVODNJI	1.1. Degradacija fizikalnih značajki tla 1.2. Degradacija kemijskih značajki 1.3. Degradacija bioloških značajki tla 1.4. Degradacija hidromelioracijama	<ul style="list-style-type: none"> - Antropogena zbijanja tla - Poremećaj vodozračnih prilika - Veći utrošak energije u obradi - Zakiseljavanje i zaslanjivanje - Fitotoksični efekti - Smanjena biogenost - Poremećen odnos mikroflora - Infekcija tla.
II. OSREDNJE TEŠKO OBNOVLJIVO (UVJETNO REVERZIBILNO)	ONEČIŠĆENJE – KONTAMINACIJA	2.1. Teški metali i ostali toksični elementi 2.2. Ostaci pesticida i PAH-ovi 2.3. Petrokemikalije u tlu 2.4. Radionukleidi 2.5. Imisijska acidifikacija tala	<ul style="list-style-type: none"> - Hrana neupotrebljiva zbog mutagenoga, kancerogenoga ili teratogenog djelovanja - Depresija rasta biljke - Fitotoksični efekti - Ugroženi drugi ekosustavi

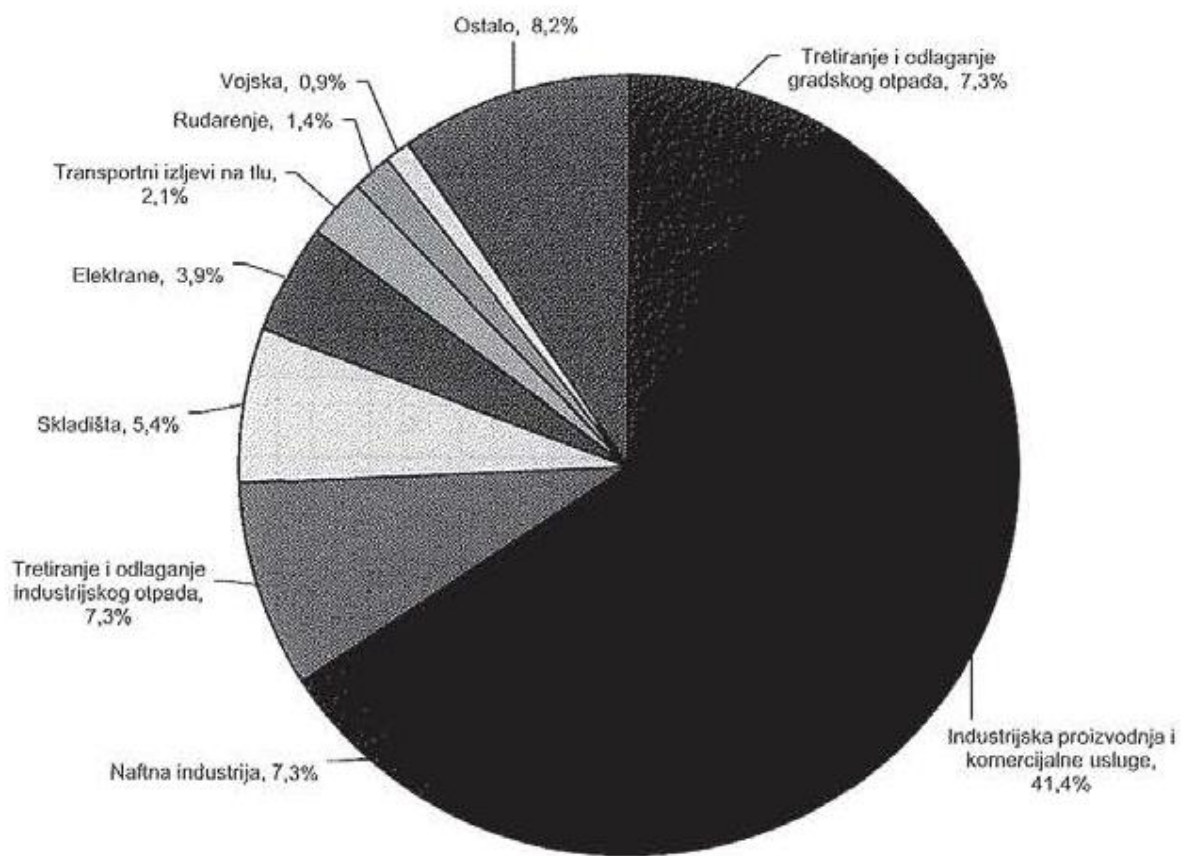
STEPEN OŠTEĆENJA	VRSTA OŠTEĆENJA	PROCESI PŠTEĆENJA	POLSLJEDICE3.5 Prekrivanje smećem
III TEŠKO NEOBNOVLJIVO (IREVERZIBILNO)	PREMJEŠTANJE- TRANSLOKACIJA	3.1. Erozija vodom i vjetrom	Gubitak dijela tla ili ijelog profila
		3.2 Eksploatacija kamena i dr. građ,. materijala	Promjena stratigrafije profila
		3.3. odnošenje tla plodinama	
		3.4 posu dišta tla	

STEPEN OŠTEĆENJA	VRSTA OŠTEĆENJA	PROCESI OŠTEĆENJA	POSLEDICE
III TEŠKO NEOBNOVLJIVO (IREVERZIBILNO)	PREMJESTANJE-TRANSLOKACIJA	3.1. Erozija vodom i vjetrom 3.2. Eksploatacija kamena i dr. građ. materijala 3.3. Odošenje tla plodinama 3.4. Posudište tla 3.5. Prekrivanje smećem, industrijskim otpadom i pepelom 3.6. Prekrivanje drugim tlom 3.7. Oštećenje šumskim požarom	Gubitak dijela tla ili ijelog profila Promjena stratigrafije profila Smanjenje proizvodnih površina Smetnje u obradi tla Povećana heterogenost pokrova tla Povećani troškovi proizvodnje Smanjenje prinosa Ugroženi drugi ekosistemi Gubitak proizvodnih površina
IV NEPOVRATN (TRAJNI GUBITAK TLA)	PRENAMJENA	4.1. Izgradnja urbanih područja 4.2. Industrijski, energetski objekti, saobraćajnice, aerodrome 4.3. Hidroakumulacija	Smanjena ukupna proizvodna površina

Izvori onečišćenja

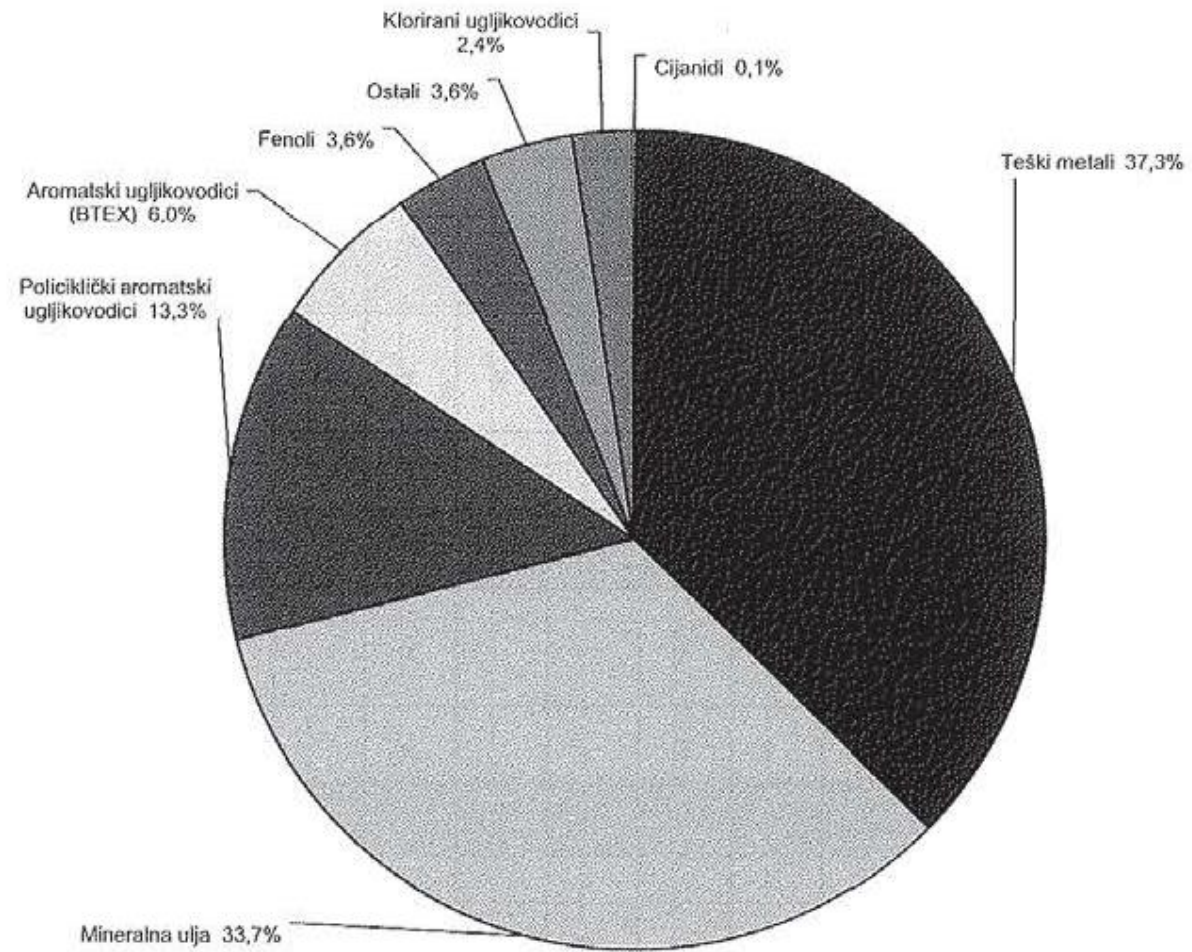


Slika 49. Podrijetlo onečišćenja tla
Izvor: korigirano prema Mirsal, 2008.



Slika 54. Pregled aktivnosti koje uzrokuje onečišćenje tla u Europi

Izvor: EIONET priority data flows on contaminates sites, EEA, 2007.



Slika 55. Pregled uzročnika onečišćenja tla u Europi
Izvor: EIONET priority data flows on contaminates sites, EEA, 2007.

Tablica 9. Potencijalni izvori onečišćenja i onečišćujuće tvari

Potencijalni izvori onečišćenja	Onečišćujuće tvari											
	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Zn	F	PAH*	PCB*	Dioksini	Ostali
1. Blizina mogućih izvora onečišćenja												
1.1. Prometna infrastruktura												
Ceste	x	x					x		x			
Aerodromi i željeznički objekti	x	x		x			x		x			
Sustavi ventilacije u tunelima	x	x					x		x			Sumpor
1.2. Energetika												
Termoelektrane	x	x	x				x		x		x	
Radni prostor plinare i deponiji ugljena	x	x					x		x			
1.3. Odlagališta otpada												
Odlagališta inertnog i opasnog otpada	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Spaljivanje otpada (starija tehnologija)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Zbrinjavanje ili recikliranje životinjskih lešina i životinjskog otpada	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Postrojenja za obradu otpadnih voda	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
1.4. Vojni poligoni	x			x		x	x		x			Antimon
1.5. Industrijska postrojenja												
Proizvodnja mineralnih gnojiva	x	x		x			x					Sumpor
Talionice ruda	x	x		x			x				x	
Naftne, plinske bušotine, naftovodi	x	x	x	x		x	x					Barij
Rafinerije nafte i plina, ljevaonice	x	x	x	x			x		x			Barij
Talionice cinka		x					x					
Metalna industrija	x	x	x	x	x		x					
Proizvodnja stakla i staklenih vlakana	x	x				x	x	x				

Potencijalni izvori
onečišćenja

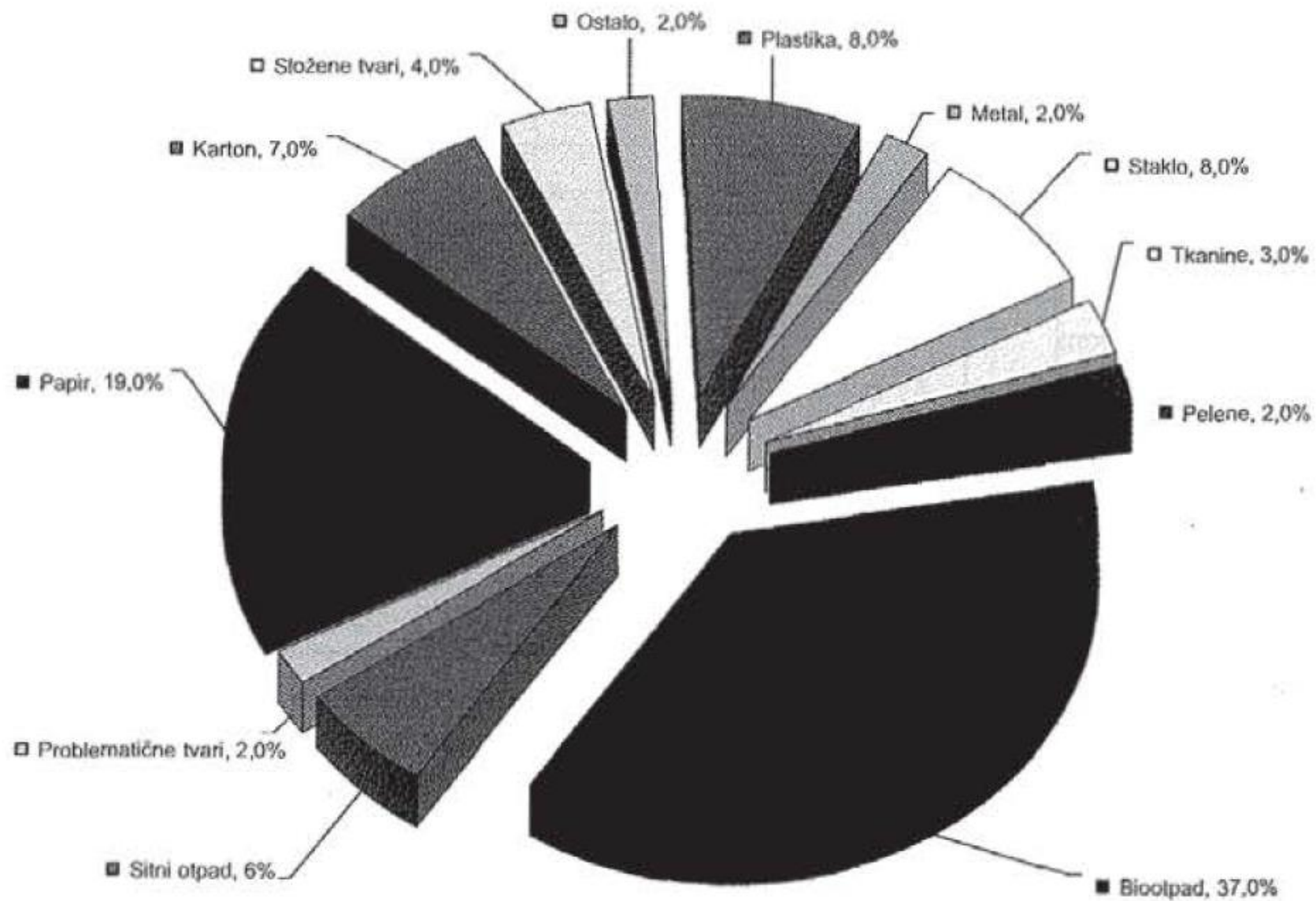
Onečišćujuće tvari

Pb Cd Cr Cu Ni Hg Zn F PAH* PCB* Dioksini Ostali

Proizvodnja keramike, crijepa, opeke	x	x				x	x	x				
Proizvodnja azbestnih proizvoda											Azbestna vlakna	
Tvornice cementa	x					x		x	x		x	Talij
Tekstilna industrija			x	x								
Prerada plastike		x							x	x		
Tiskare	x	x	x	x			x					Arsen
Prostori s primjenom organskih otapala			x	x						x		
Bojanje ili uklanjanje boje s brodova			x	x						x		
Pilane i mjesta prerade/ obrade drveta			x	x					x	x		Kreozot
Mjesta prerade kože			x			x		x	x			
Tvornice boje i lakova	x	x	x	x		x	x		x	x	x	
Proizvodnja sredstava za zaštitu bilja	x	x		x		x	x		x	x	x	Arsen
1.6. Metalne zgrade, mostovi i ostali metalni objekti	x	x	x				x		x	x		Željezo
2. Tla u poljoprivrednoj proizvodnji												
Tla na kojima se koristi mulj iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	
Kućni vrtovi	x	x		x		x	x					Agrokemikalije
Tla vinograda	x	x		x						x		Agrokemikalije
Tla s intenzivnom uporabom organskih tekućih gnojiva (gnojovka i gnojnica)	x	x		x			x					

Oblici onečišćenja zemljišta

- Pojava onečišćivača u tlu iznad upozoravajuće vrijednosti ima mnogostruke negativne posljedice za hranidbeni lanac, prema tome i za ljudsko zdravlje te za sve ostale tipove ekosustava i prirodnih resursa
- Pri procjeni mogućih utjecaja onečišćivača tla, mora se u obzir uzeti ne samo njihova koncentracija već i njihovo ponašanje u okolišu te način na koji utječu na ljudsko zdravlje.
- onečišćenja tla koja potječu iz jasno određenog izvora (lokalna ili tačkasta onečišćenja),
- linijska onečišćenja i ona koja su nastala raširenim (difuznim) izvorima
- Lokalna o. su povezana s rudarstvom, industrijskim postrojenjima, odlagalištima otpada te s bivšim napuštenim industrijskim ili vojnim lokacijama koje su sada zatvorene. Te su djelatnosti rizik i za tlo i za zrak i vodu.
- Odlagališta otpada sljedeća su djelatnost velikog utjecaja u gradskim sredinama. U odlagalištima otpada onečišćenje se može procijediti u okolno tlo ili matičnu podlogu i potom ući u podzemne i/ ili površinske vode



Slika 56. Prosječan sastav komunalnog (kućnog) otpada u RH

Izvor: Milanović i sur., 2002.

- Glavni izvori linijskih onečišćenja su autoceste, gradske prometnice (iako je ovdje teško razgraničiti linijsko od difuznog) i željezničke pruge
- Raspršeno onečišćenje uglavnom je povezano s atmosferskim taloženjem tj. obaranjem emisije onečišćenja koje je nastalo iznad velikih gradova, poljoprivrednim aktivnostima, nepravilnim rukovanjem i recikliranjem otpada i otpadnih voda, zatim navodnjavanjem nekvalitetnim vodama. Količina raspršenog onečišćenja ovisi o otpuštanju plinova iz gradova, tvornica, prometa i poljoprivrede. Talženjem zračnih onečišćivača u tlu oslobađaju se kiseli spojevi (SOX, NOX, COX), teški metali (npr., kadmij, olovo, arsen, živa) i neki organski spojevi (npr., dioksin i, poliklorirani bifenili /PCB-i/ i policiklički aromatski ugljikovodici /PAH-ovi/).
- Zakiseljavanje tla uzrokuje ispiranje hraniva, što dovodi do gubitka plodnosti tla, obogaćivanja površinskih i podzemnih voda agrohemijskim i drugim onečišćenjima. Osim toga, zakiseljavanje tla sprječava rast i razvoj korisnih mikroorganizama u tlu, što uzrokuje usporavajuću biološku aktivnost tla.



Slika 57. Prikaz potencijalnih onečišćenja tla

Izvor: www.frtr.gov

Tablica 11. Esencijalni i potencijalni toksični utjecaj elemenata u tragovima na biljnu, životinjsku i ljudsku prehranu

Element	Esencijalni/povoljni utjecaj na			Potencijalni toksični utjecaj na			Komentar
	biljke	životinje	ljude	biljke	životinje	ljude	
Aluminij	Ne	Ne	Ne	Da	Da		Fitotoksičan u tlima s niskim pH, toksičan za ribe u jezerima s niskim pH, relativno netoksičan za sisavce.
Arsen	Ne	Da	Ne	Da	Da	Da	Fitotoksičan, slično geokemijsko ponašanje kao P, kancerogen, bolest crnog stopala u južnoj Aziji.
Bor	Da	Ne	Ne	Da			Uska granica u biljkama, fitotoksičnost je više rasprostranjena u sušnim područjima, relativno netoksičan za sisavce.
Barij	Ne	Moguć	Ne	Da	Da	Da	Netopljiv, topljivi oblici toksični.
Berilij	Ne	Ne	Ne	Da	Da	Da	Fitotoksičan, kancerogen.
Bizmut	Ne	Ne	Ne	Da	Da	Da	Relativno netoksičan.
Kadmij	Ne	Ne	Ne	Da	Da	Da	Uska granica, bioakumulativan i fitotoksičan, kancerogen, <i>itai-itai</i> bolest (trovanje kadmijem).
Kobalt	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Relativno fitotoksičan, uloga u simbiotskoj N ₂ fiksaciji, kancerogen.
Krom	Ne	Da	Da	Da		Da	Cr ⁶⁺ je kancerogen, vrlo toksičan i mobilan u tlima; Cr ³⁺ relativno netoksičan za sisavce.
Bakar	Da	Da	Da	Da			Lako se veže u tlo, uska granica za biljke, nije mobilan u tlima, relativno netoksičan.
Fluor	Ne	Da	Da	Da			Toksičan za sisavce u visokim dozama, koristi se u stomatologiji, vrlo mobilan u tlima.
Željezo	Da	Da	Da			Da	Nedostatak željeza u ljudi uobičajen je poremećaj širom svijeta, fitotoksično u tlima s niskim pH, relativno netoksično za sisavce.

Živa	Ne	Ne	Ne		Da	Da	Biopovećavanje u akvatičnim prehrambenim lancima osobito školjkama, <i>minamata</i> bolest (trovanje živom).
Mangan	Da	Da	Da	Da			Široka granica, fitotoksičan u tlima s niskim pH, relativno netoksičan sisavcima.
Molibden	Da	Da	Da		5 – 20 ppm		Visoko pristupačan u biljkama, stroga granica za životinje, molibdenoza kod stoke.
Nikal	Da	Da	Da	Da	Da	Da	Vrlo mobilan u tlima i biljkama, kancerogen.
Olovo	Ne	Ne	Ne	Da	Da	Da	Relativno netoksično, nepokretno u tlima, ljudi su mu izloženi kod olovnog benzina, boja i vodovoda; mala djeca su vrlo osjetljiva na trovanje olovom, globalni socijalni problem.
Antimon	Ne	Ne	Ne		Da	Da	Netopljiv, razmjerno netoksičan.
Selen	Da	Da	Da	Da	<4 ppm		Uska granica za životinje (<i>selenocosis</i>), slično geokemijsko ponašanje kao sumpor, <i>Keshan</i> i <i>Kaschin-Beck</i> bolesti.
Talij	Ne	Ne	Ne	Da	Da	Da	Vrlo mobilan u biljkama, fitotoksičan, vrlo toksičan za sisavce.
Vanadij	Da	Da	Ne	Da	Da	Da	Potreban zelenim algama, uska granica i visoka toksičnost za sisavce, kancerogen.
Cink	Da	Da	Da	Da			Široka granica; lako se veže u tlo; slično geokemijsko ponašanje kao Cd; relativno netoksičan za sisavce.

Uzimanje uzoraka tla u gradskim sredinama

- Prije bilo kakvih radova na javnim gradskim površinama gdje bi se u budućnosti provodio uzgoj poljoprivrednih kultura obavezno je uzeti uzorke tla da bi se utvrdilo trenutno stanje kvalitete tla (da bi se mogla preporučiti gnojidba tla) odnosno potencijalne onečišćenosti tla
- u slučaju povećanog sadržaja bilo kojeg organskog (PAH-ovi ili POP-ovi) ili anorganskog (teški metali ili radionukleidi) onečišćenja, na tim tlima se ne bi smio provoditi uzgoj poljoprivrednih kultura. Šema uzorkovanja temelji se na raspoloživim podacima o dosadašnjem načinu korištenja tla. Odgovarajuća šema je ona kod koje minimalan broj tačaka uzorkovanja adekvatno predstavlja područje uzorkovanja.
- Neodgovarajuće šeme uzorkovanja i neodgovarajući način uzorkovanja jedan su od najozbiljnijih izvora pogrešaka u određivanju trenutnoga stanja tla. Nepravilno uzet uzorak može samo biti izvor pogrešnih interpretacija. Ako se sumnja da je tlo onečišćeno organskim oneč. uzorci u porušenom stanju obvezno se pri uzorkovanju moraju što prije odložiti u prenosiv hladnjak . Odmah po dostavi u laboratorij, ti se uzorci moraju deponirati u hladnjak i tamo držati na optimalnoj temperaturi do provedbe analiza.

- Pri uzorkovanju tla postoji nekoliko glavnih pristupa uzorkovanju (pravilna mreža, dvostruko uzorkovanje, slučajno uzorkovanje, ciljano uzorkovanje, statistički ili hipotetski usmjeren pristup) i druge metode
- Za određivanje pojedinih parametara tla potrebni su uzorci u prirodnom, tj. neporušenom stanju, a za neke je analize tla potrebna izvjesna količina tla u porušenom stanju
- razlika je u uzorkovanju u tome što se uzorci u neporušenom stanju uzimaju posebnim cilindrima poznatog volumena, a uzorci u porušenom stanju uzimaju se sondom, lopatom, nožem i sličnim pomoćnim oruđem
- Za jedan dio fizikalnih, većinu hemijskih i mikrobioloških analiza tla – pri svim analizama u kojima se uzorak sitni, melje i prosijava - uzorci tla uzimaju se u porušenom stanju. Uzorci se uzimaju posebnom opremom, tj. sondama koje mogu biti različite konstrukcije. Sonda je vrlo pogodna za uzimanje uzoraka tla do dubine od dva metra jer ne zahtijeva kopanje pedološkog-profila , a to omogućuje uzimanje većeg broja uzoraka, njihovo miješanje i stvaranje reprezentativnog uzorka.
- Dubine uzorkovanja ovise prije svega o vrsti, količini i dubini korijena biljaka koje će se uzgajati na parceli, trenutačnoj upotrebi i porijeklu zemljišta na istraživanoj lokaciji. Preporučuje se da se u gradskim sredinama uzorci tla uzimaju s dvije dubine :

- iz oraničnog sloja: od 0 do 30 cm,
- kao i iz podoraničnog sloja s dubine od 30 do 60 cm.
- Količine uzoraka tla ovise o broju planiranih laboratorijskih analiza tla. Ukupna težina prosječnog uzorka ne bi smjela biti manja od jedan kilogram tla, ali ni veća od dva kilograma tla s trenutnom vlažnosti.
- Pri određivanju količine tla potrebne za uzorak treba znati da dio uzorka mora ostati za moguće ponavljanje analize (kontrolni uzorci), ali isto tako se dio uzorka mora arhivirati da ostane za neka buduća vremena i moguće analize koje će se u njemu obavljati. Uzorak treba biti obilježen dvostruko: na ambalaži i unutar ambalaže. Arhivirani uzorci u budućnosti se mogu iskoristiti za usporedbe promjena stanja tla koja su se dogodila od prvog uzorkovanja. Preporučuje se da se uzorkovanje provodi upotrebom globalnog pozicijskog sustava i geografskog informacijskog sustava, te se vode u elektronskoj bazi.

- Prosječni uzorci tla objedinjuju se iz 15 do 25 pojedinačnih uzoraka pri čemu broj uzoraka ovisi o procjeni voditelja terenskih radova.
- Uzorkovanje za prosječan uzorak najčešće se provodi u obliku kruga. Uzorkovanje se može provesti na dvije dijagonale ili u obliku slova S ili O ili M ili W,
- Važno je da uzorkovanje za prosječan uzorak podrazumijeva homogen teren, odnosno da ne postoje razlike u ekspoziciji, inklinaciji, nadmorskoj visini, načinu korištenja tla i dr. Prosječan uzorak smije se uzeti samo s homogenog terena ion može predstavljati površinu od maksimalno 2 ha. Ni u kojem slučaju ne smije se uzeti prosječan uzorak s heterogenog terena

Tablica 15. Maksimalno dopuštene količine onečišćujućih tvari u poljoprivrednom zemljištu

Tekstura	Kadmij, Cd	Krom, Cr	Bakar, Cu	Živa, Hg	Nikal, Ni	Olovo, Pb	Cink, Zn
Maksimalno dopuštene količine anorganskih onečišćujućih tvari u poljoprivrednom zemljištu, mg/kg tla							
Pjeskovito tlo	0.0-0.5	0-40	0-60	0.0-0.5	0-30	0-50	0-60
Praškasto-ilovasto tlo	0.5-1.0	40-80	60-90	0.5-1.0	30-50	50-100	60-150
Glinasto tlo	1.0-2.0	80-120	90-120	1.0-1.5	50-75	100-150	150-200
Maksimalno dopuštene količine organskih onečišćujućih tvari u poljoprivrednom zemljištu, mg/kg tla							
Suma PAH-ova za lakša i skeletna tla: 1 mg/kg tla; Suma PAH-ova za teža glinovita tla: 2 mg/kg tla; Maksimalno dozvoljena koncentracija ukupnih ugljikovodika za lakša i skeletna tla: 1 g/kg tla; Maksimalno dozvoljena koncentracija ukupnih ugljikovodika za teža glinovita: 2 g/kg tla; Ukupna koncentracija perzistentnih organskih polutanata: 0.5 mg/kg tla							

Izvor: Narodne novine, 9/14.

1. Urban water hydrology

> 1.1 Specificities of the urban context

Urban water management

- Water network saturation
 - Intense rainfall = important water volume to collect = network saturation
 - Risk of flooding
 - Example of flooding in May 2012 in Nancy (NE of France); incident cost = 10 millions euros

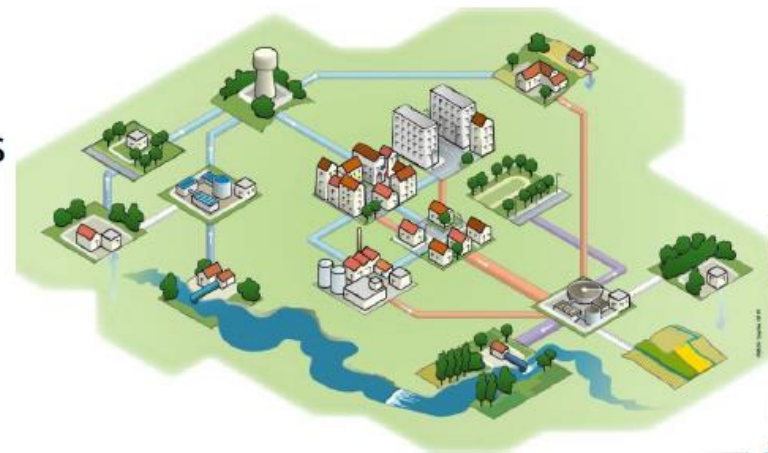


1. Urban water hydrology

> 1.1 Specificities of the urban context

Urban water management

- Quality decrease
 - Runoff (roofs, gutters, tubes, pavements, sidewalks...) = increase in contaminants loads
 - Major treatments before reuse or water discharge
- Groundwater recharge
 - Aquifers recharge less natural
 - Direct discharge in water courses

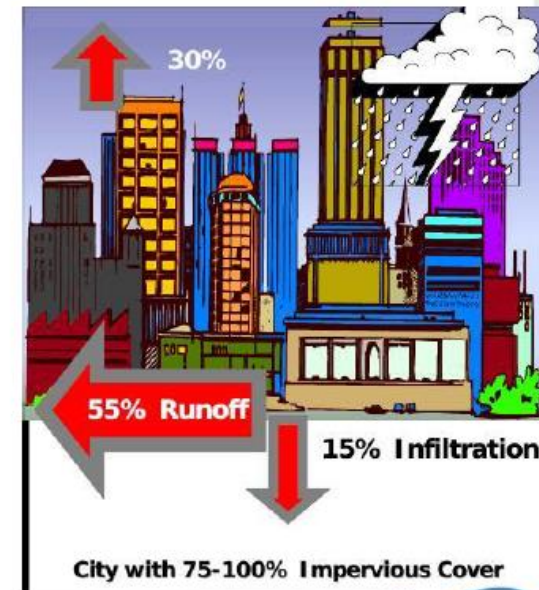
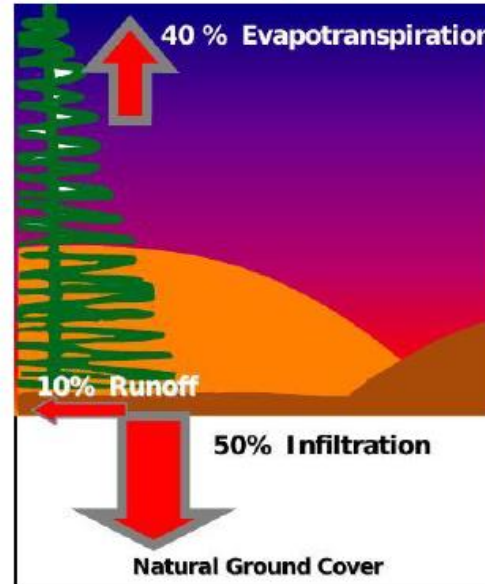


1. Urban water hydrology

> 1.1 Specificities of the urban context

Causes of urban rainwater management problems

- Loss/absence of plant cover (Dettwiller, 1978)
 - Summer rainfall of 5 mm
 - Rural environment = 4 mm of evapotranspiration within 24h
 - Urban environment = 0,5 mm of evapotranspiration within 24h
- Soil sealing
 - rainwater route modification, infiltration limitation

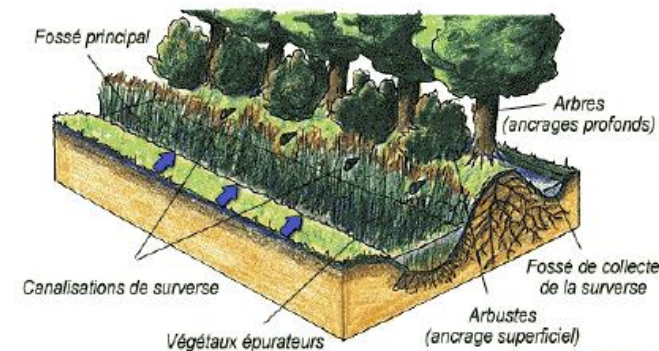
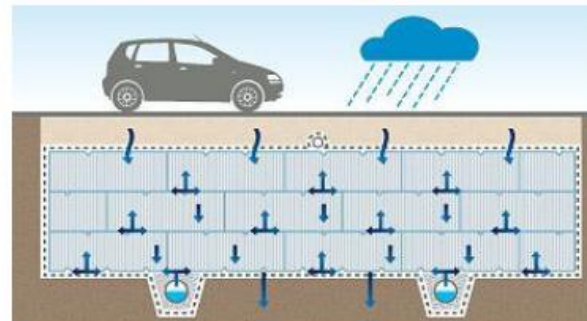


1. Urban water hydrology

> 1.1 Specificities of the urban context

Urban water management solutions

- Storage
 - Water captage : storm spillway, open-pit or buried storage basins, tank-structured pavements
- Infiltration
 - Porous pavements with innovative porous asphalt, disjoined pavements, infiltration sink, drainage swales

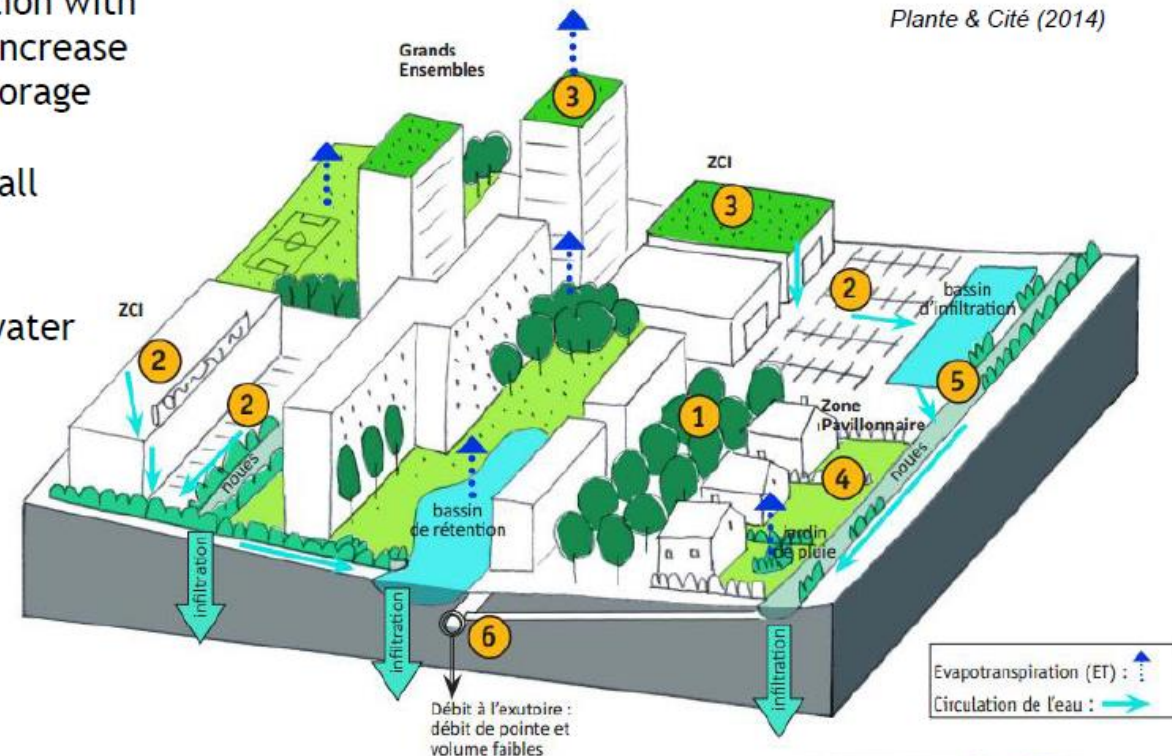


1. Urban water hydrology

> 1.2 Impacts of the vegetation on water regulation

Greening strategies for a better water management at the neighborhood scale

- 1 Tree leaves reduce water runoff by rainfall interception
- 2 Impervious surfaces connection with drainage swales and basins increase infiltration and soil water storage
- 3 Green roofs temporarily store rainfall and favor evapotranspiration
- 4 Field water infiltration decreases water volume and reduces peak flow
- 5 Interconnexion possibility of the techniques
- 6 In case of exceptional rainfall events, public flood areas can temporarily store water in specific zones

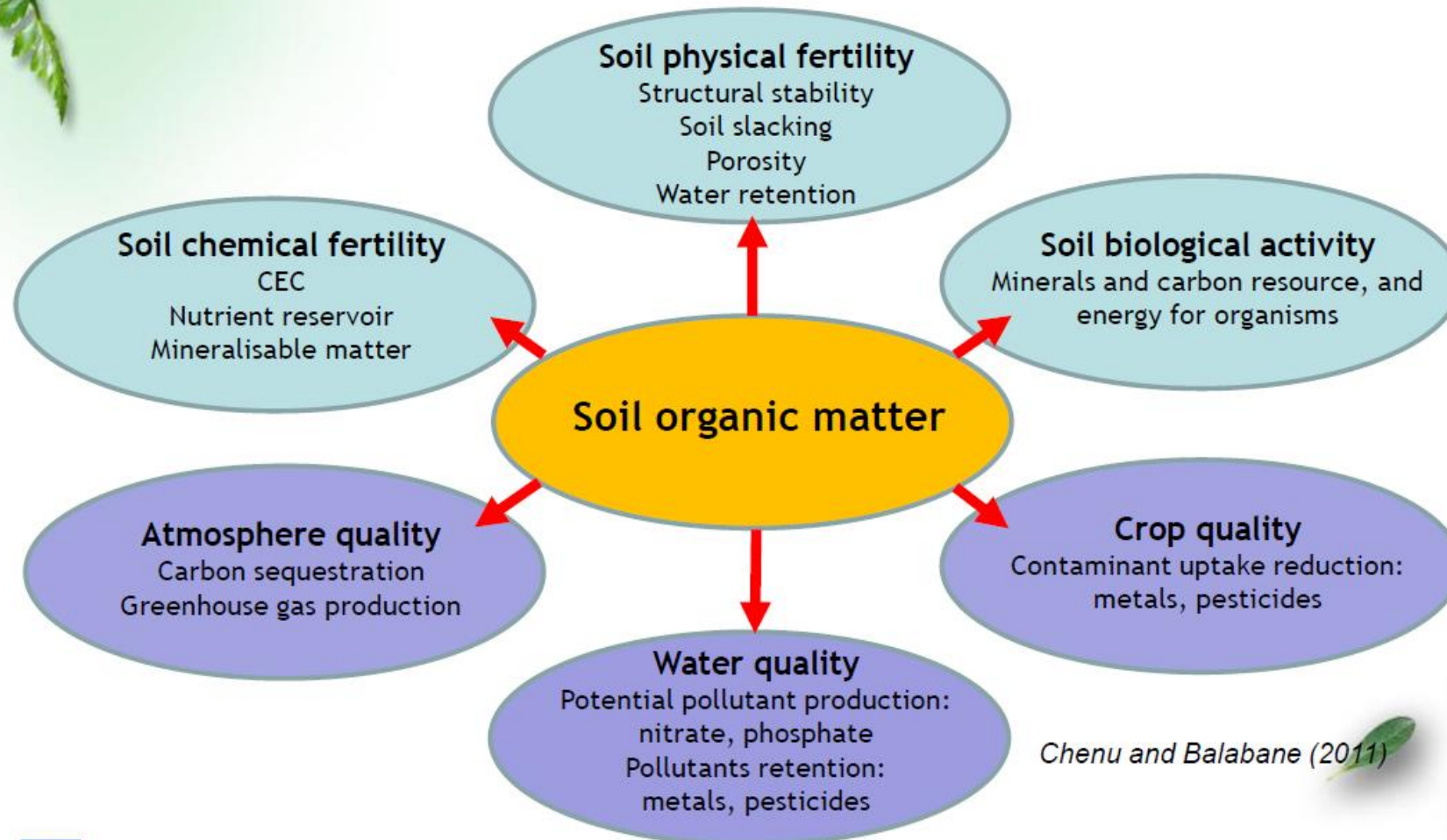


- Otjecanje se povećava kada se vegetacijske površine smanjuju, a smanjuje se ako postoje zeleni krovovi.
- •U visoko gustim infrastrukturnim područjima, zeleni krovovi su efikasan način smanjenja oticanja vode
- Fizička svojstva tla: zadržavanje / spremnik vode u tlu

1. Urban water hydrology

> 1.3 Soil properties (reminder)

Chemical soil properties: organic matter



Chenu and Balabane (2011)

- Glina i organske tvari imaju globalni negativni električni naboj Njihova povezanost je moguća zahvaljujući kationskim mostovima => Glineno-humusni kompleks Neki kationski mostovi: polivalentni kationi (Ca ++, Mg ++, ...), H₂O, Fe i Al oksidi / hidroksidi, ...
- Glina -humusni kompleks omogućava zadržavanje kationa koji se potencijalno može izmjeniti u vodi radi usvajanja hranjivih sastojaka u biljci => Kapacitet izmjene kationom (CEC)

2. Green roof potential for water runoff control

> 2.1 Roles and constitution

An ancestral technique

- Thermal isolation
 - Thick mix of soil and rooted herbaceous plants laying on low putrescible wood tiles
 - Used in Scandinavia, Mongolia...
 - Technique already used in the palearctic zone by Inuits in north America



2. Green roof potential for water runoff control

> 2.1 Roles and constitution

Rediscovery at the end of the XXth century

- Use in Germany in the 70-80s
 - Extensive green roof concept
 - Certified by a german working group (<http://www.fll.de/>)
 - Differences with ancient extensive green roofs (very small houses with solid structures) → modern extensive green roof = big houses or buildings thanks to growing media and adapted protection layers
 - 14 millions of m² in Germany

Green roofs in Darmstadt in Germany



2. Green roof potential for water runoff control

> 2.1 Roles and constitution

Different green roof categories

	intensive	semi-intensive	extensive
Growing media thickness	> 30 cm	< 30 cm	< 8 cm
Weight	> 600 kg/m ²	150 à 350 kg/m ²	100 kg/m ²
Support	concrete	concrete, steel, wood	concrete, steel, wood
Plant choice	very large	large	limited
Maintenance	important	limited	low
Global cost	high	average	economic



2. Green roof potential for water runoff control

> 2.1 Roles and constitution

Growing media

- Functions
 - Root integration (*vegetation support*)
 - Nutrient and water supply for plants (*filter / exchange*)
- Properties
 - Light, compaction resistance, high water retention capacity
- Composition
 - Organic fraction = green waste compost (leaves, bark), peat
 - Mineral fraction = light and absorbant stones = expanded clay, pumice-stone, crushed bricks fragments



2. Green roof potential for water runoff control

> 2.1 Roles and constitution

Vegetation (1)

- Sedums
 - Robust succulent plants, low water input, no maintenance



sedum acre



sedum album



sedum floriferum



sedum hispanicum



sedum kamtschaticum



sedum reflexum



sedum sexanquale



sedum spectabile



sedum spurium

2. Green roof potential for water runoff control

> 2.1 Roles and constitution

Vegetation (2)

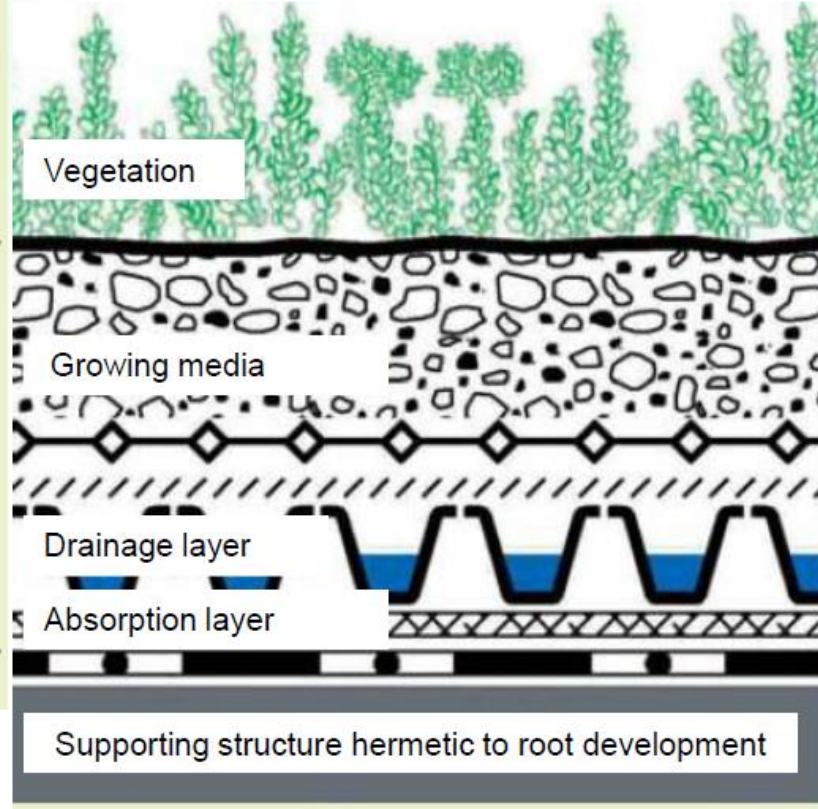
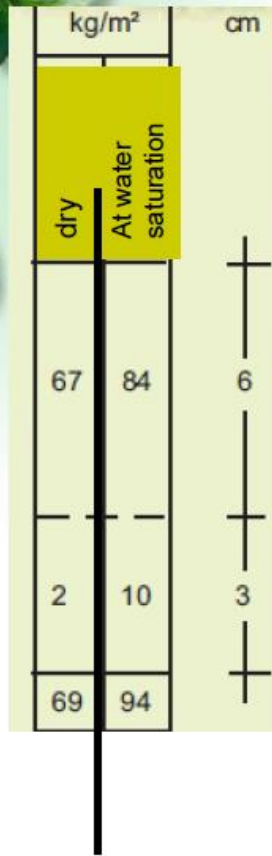
- Cover-crops (others than sedums)
 - carnation ; gypsophila ; thyme
- Flowering plants
 - origano ; allium (chive) ; maritim thrift (*Armeria maritima*) ; dwarf lake iris (*iris Pumila*) ; harebell, *Centaureas*
- Poaceas
 - Mainly fescues ; particularly blue fescue (*Festuca glauca*) and amethyst fescue (*Festuca amethystina*)



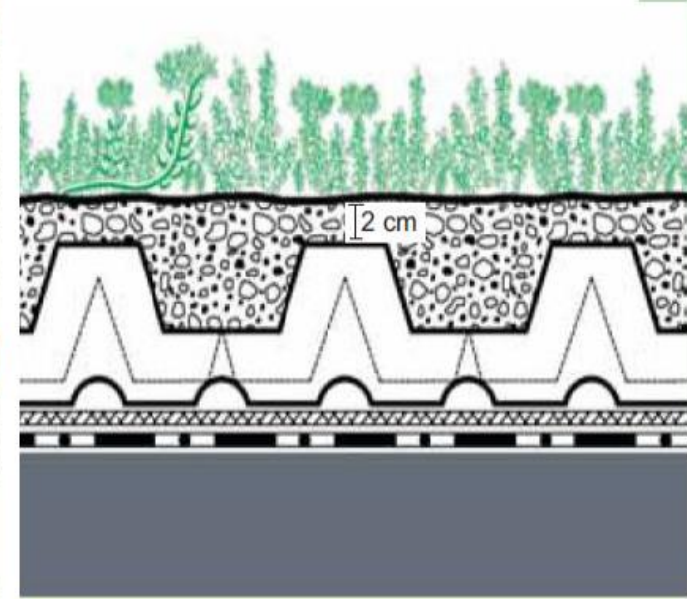
2. Green roof potential for water runoff control

> 2.1 Roles and constitution

Extensive green roof



Total height:	about	9 cm
Weight at water saturation:	about	95 kg/m ²
Water holding capacity:	about	25 l/m ²
Runoff coefficient:	about	0.38



Total height:	about	10 cm
Weight at water saturation:	about	60 kg/m ²
Water holding capacity:	about	21 l/m ²
Runoff coefficient:	about	ND

- Učinak pufera rastućih medija protiv urbanog oticanja vode

- Širom svijeta, urbana područja se povećavaju, uzrokujući gubitke zasađenih površina, povećanje nepropusnog površinskog pokrivača i povećane zahtjeve za postojećom infrastrukturom i komunalnim uslugama poput upravljanja vodom i otpadom.
- Urbanizacija, smanjenjem vegetativnog pokrivača i povećanjem nepropusnih površina, mijenja hidrološke cikluse
 - smanjenjem infiltracije,
 - povećanjem količine i brzine oticanja oborinskih voda,
 - smanjenjem nivoa podzemnih voda,
 - smanjenjem evapotranspiracije i stvaranjem anomalija u padavinama.
- Urbani zeleni prostori pružaju ekološke koristi, uključujući
 - smanjeno oticanje oborinskih voda,
 - povećanu evapotranspiraciju i povećanu podzemnu infiltraciju,
 - što zauzvrat podiže podzemne vode.

$$\underline{\text{Irrigation}} = \text{Evaporation} + \text{Transpiration} + \text{Percolation} + \text{Runoff} - \text{Rain}$$

Evaporacija

- Evaporacija/Isparavanje je postupak kojim se tekuća voda pretvara u plinovitu fazu (para) i uklonja sa površine koja isparava (tlo, rijeke, jezera). Javlja se u prisustvu energije (sunčevog zračenja) i nastavlja se do zasićenja atmosferske vlage. Kada je zrak vrlo vlažan, proces isparavanja obično prestaju.
- Promet zasićenog vazduha uglavnom zavisi od brzine vjetra.
- Nadalje, brzina isparavanja ovisi o vlažnosti tla i isparavanje je veće u sunčanim, vrućim, suhim i vjetrovitim danima, u vlažnim područjima prekrivenim niskim rastinjem.
- Vlažna tla dopuštaju kontinuirani tok isparavanja prema atmosferi.
- Nekoliko dana nakon kiše (ili navodnjavanja), površina tla je suha i više ne dozvoljava prenos vode u atmosferu.

- Transpiracija je isparavanje tečne vode sadržane u biljci u atmosferu. Gotovo svu vodu koju apsorbuje biljka (95-99%) se transpiracijom izgubi, tako da ostaje samo mali dio unutar biljnih tkiva. Na transpiraciju utječu isti faktori koji određuju isparavanje iz tla, ali i vode biljke status i sposobnost biljke da zadrži vodu (npr. biljke koje žive u sušnom okruženju imaju razrađene mehanizme za smanjenje gubitka vode, na primjer razvijanje lišća u obliku klasova).

- Oticanje i filtriranje
- Otjecanje je površinski protok vode na tlu i nastaje kada količina dolazne vode (kiša, navodnjavanje) premašuje infiltracijski kapacitet tla. Slično tome, filtriranje se događa kada je tlo zasićeno i sastoji se u gubicima prema dubljim slojevima tla, ne dosegnuto korijenjem biljaka.

/ TABLE 6. WATER REQUIREMENTS OF A VEGETABLE GARDEN (LITRES PER SQUARE METER PER DAY, IN SELECTED EUROPEAN CITIES)

		MONTH	APRIL	MAY	JUNE	JULY	AUG.	SEPT.
		CROP						
BERLIN	FRUITING VEGETABLES	-	0.3	0.6	3.0	2.0	-	
	LEAFY VEGETABLES	0.6	1.3	2.4	5.0	3.2	0.6	
	AVERAGE	0.3	0.8	1.5	4.0	2.6	0.3	
BOLOGNA	FRUITING VEGETABLES	-	0.5	1.0	4.0	2.5	-	
	LEAFY VEGETABLES	1.0	2.0	3.0	6.0	4.0	1.0	
	AVERAGE	0.5	1.5	2.0	5.0	3.5	0.5	
BUDAPEST	FRUITING VEGETABLES	-	0.3	0.8	3.4	2.0	-	
	LEAFY VEGETABLES	0.8	1.5	2.4	5.0	3.6	0.6	
	AVERAGE	0.4	0.9	1.6	4.2	2.8	0.3	
CARTAGENA	FRUITING VEGETABLES	-	0.8	1.2	5.0	4.0	-	
	LEAFY VEGETABLES	2.0	3.0	3.5	6.0	5.0	0.6	
	AVERAGE	1	1.9	2.4	5.5	4.5	0.3	

- Oborine
- Oborine su pozitivan element ravnoteže tla jer predstavljaju važan izvor vode za usjeve. Prethodne tabele pokazuju da je prosjek potreba za navodnjavanjem povrtnjaka treba biti oko 1 litre po kvadratnom metru dnevno, što daje ukupnu količinu od oko 180 litara po kvadratni metar po sezoni. U praksi, u vrtovima Bologne, potrošnja iznosi oko 600 litara po kvadratnom metru po sezoni (3,2 litre dnevno), što odgovara 320% teorijskog zahtjeva.

- Gdje odlazi višak vode?
- U tlo:
 - ako je površina tla mokra ... isparavanje se nastavlja i troše se rezerve vode;
 - prekomjerna količina vode ispire hranjive sastojke prisutne u tlu (iscrpljujući ga) i spušta ih u podzemne vode, zagađuje ga);
 - preplavljeno tlo povoljno je okruženje za patogene. uglavnom korijena ;
 - preplavljeno tlo siromašno je kisikom i ograničava biljku u razvoju;
 - tlo bogato vodom pogoduje razvoju svih biljaka, uključujući neželjene korove.

- U biljku:
 - biljka koja primi pravu količinu vode daje bolje i kvalitetnije prinose;
 - prekomjerna količina vode na lišću može pospješiti razvoj patogena, kao što je peronospora;
 - biljke koje primaju puno vode imaju posljedično manje korijenje koje može doseći manju količinu hranjivih sastojaka u tlu;
 - kada je proizvod korijen (npr. mrkva), važno je učiniti da se dobro razvija i zato je mnogo bolje dodavati manju količinu vode.

3. Greywater

> 3.1 Origin, collection, treatment

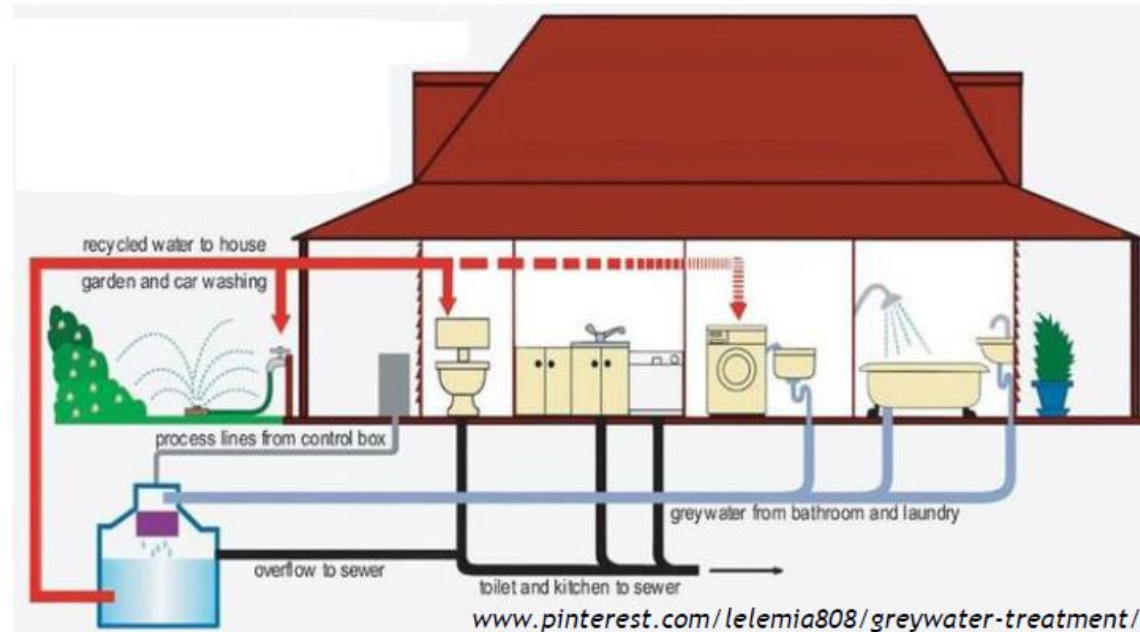
What is greywater ?

Greywater is all wastewater generated in households or office buildings from streams **without fecal contamination**, i.e. all streams except for the wastewater from toilets.

Sources of greywater include :

Sinks,
Showers,
Baths,
Clothes washing machines,
Dish washers.

Environment Canada



Toilets or fecally contaminated wastewater of any kind, is designated sewage or blackwater to indicate it contains human waste.

However, under certain conditions traces of feces, and therefore pathogens, might enter the greywater stream via effluent from the shower or washing machine.

- Siva voda sadrži manje patogena od otpadnih voda iz domaćinstava:
- Općenito sigurnije rukovanje i lakše tretiranje i ponovna upotreba na licu mjesta za: ispiranje toaleta, navodnjavanje krajolika ili usjeva, druge nepitne namjene.
- Međutim, preporučuje se upotreba netoksičnog sapuna sa niskim udjelom natrijuma i proizvoda za ličnu njegu radi zaštite vegetacije prilikom ponovne upotrebe sive vode u navodnjavanje
- Primjena ponovne upotrebe sive vode u gradskim vodenim sistemima pruža značajne koristi za:
 - - podsistem vodosnabdijevanja smanjenjem potražnje za svježom čistom vodom
 - - podsysteme otpadnih voda smanjenjem količine otpadne vode koja je potrebna za transport i pročišćavanje

- Sastav sive vode uglavnom ovisi o:
- Geografskom porijeklu, kategorija zgrada, aktivnost stanara
- Značajne varijacije u vremenu i prostoru, ovisno o potrošnji vode i količinama odbačenih supstanci
- Na istom mjestu:
 - > Normalne varijacije: u zavisnosti od zanimanja (npr .: jaka aktivnost ujutro i noću za ličnu higijenu, varijacije između sedmica i kraja tjedna ili praznika)
 - > Slučajne varijacije: slučajne, u odnosu na izuzetan događaj (npr: prisustvo boje za kosu, održavanje domaćinstva ili samostalni hemijski proizvodi, višak sredstva za dezinfekciju hlora)

- Većina sivih voda je lakše tretirati i reciklirati od crnih voda (kanalizacija), zbog nižeg nivoa zagađivača.
- Ako se sakuplja zasebnim vodovodnim sistemom od crne vode, siva voda za domaćinstvo može se reciklirati direktno u kući, vrtu ili preduzeću i koristiti odmah ili preraditi i skladištiti.
- Ako se skladišti, mora se upotrijebiti u vrlo kratkom roku ili će se početi raspadati zbog organskih čvrstih sastojaka u vodi.
- Reciklirana siva voda ove vrste nikada nije sigurna za piće, ali se mogu koristiti brojni koraci tretmana za osiguravanje vode za pranje ili ispiranje toaleta.

3. Greywater

> 3.1 Origin, collection, treatment

Treatment

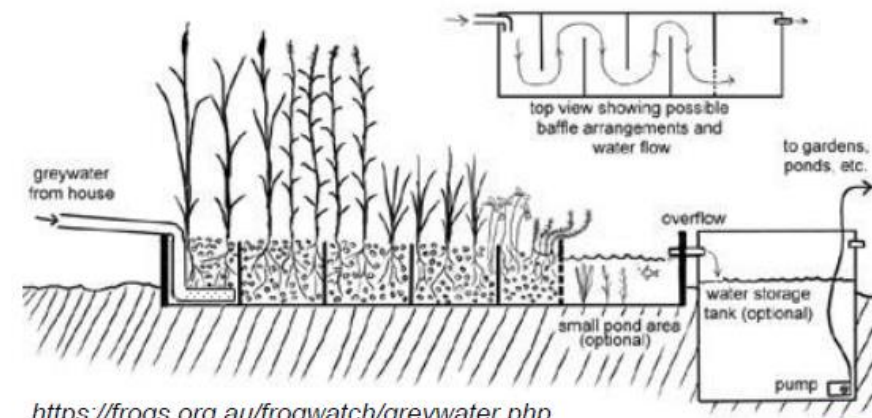
The treatment processes that can be used are in principle the same as those used for sewage treatment:

Biological systems are a variation of the activated sludge process and is also used to treat sewage:

=> constructed wetlands



<http://www.wecf.eu/english/water-sanitation/practice/wetlands-filters.php>



<https://frogs.org.au/frogwatch/greywater.php>

Plants use contaminants of greywater, such as food particles, as nutrients in their growth. However, salt and soap residues can be toxic to microbial and plant life alike but can be absorbed and degraded through constructed wetlands and aquatic plants such as sedges, rushes, and grasses.

3. Greywater

> 3.1 Origin, collection, treatment

Treatment

The treatment processes that can be used are in principle the same as those used for sewage treatment:

Biological systems are a variation of the activated sludge process and is also used to treat sewage:
=> living walls



<http://www.privateislandsblog.com/ey-water-treatment/>



1. North insulated curtain wall glazing provides daylighting
2. Skylights provide additional daylighting for the Green Wall
3. Greywater filter tanks remove large particulate matter before sending to Green Wall
4. Green Wall treats all greywater onsite through closed-loop evapotranspiration
5. Vacuum flush toilet
6. Composting units (2) treat all blackwater on-site
7. Potabile water treatment system (wall mounted) including micron filters and UV light for disinfection
8. Radiant floor hybrid hot water heater
9. Moss mat green roof
10. 2x12 wood-framed, cellulose insulated walls

<http://living-future.org/case-study/bertschscience>

3. Greywater

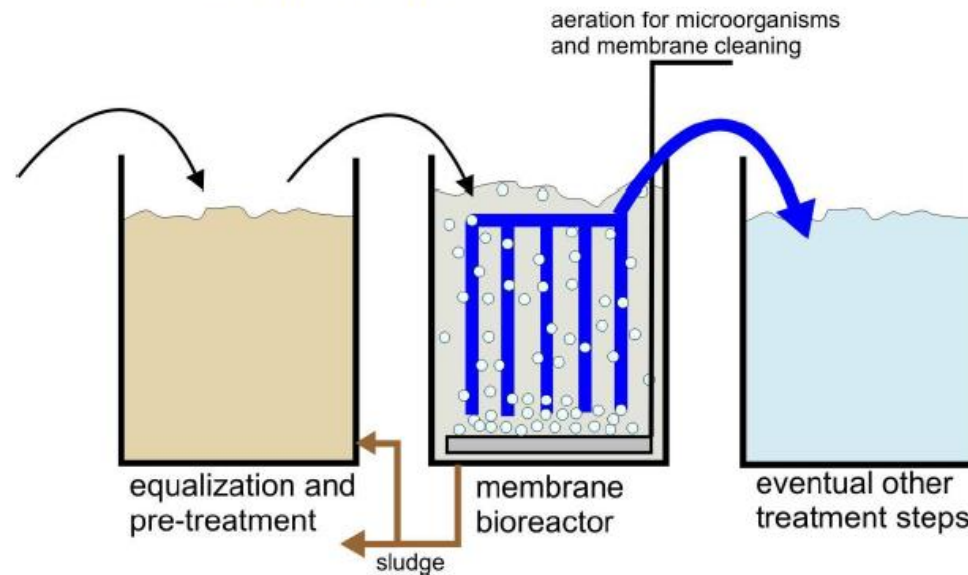
> 3.1 Origin, collection, treatment

Treatment

The treatment processes that can be used are in principle the same as those used for sewage treatment:

Biological systems are a variation of the activated sludge process and is also used to treat sewage:

=> bioreactors or more compact systems such as membrane bioreactors



<http://www.colloid.ch/index.php?name=membranes>

3. Greywater

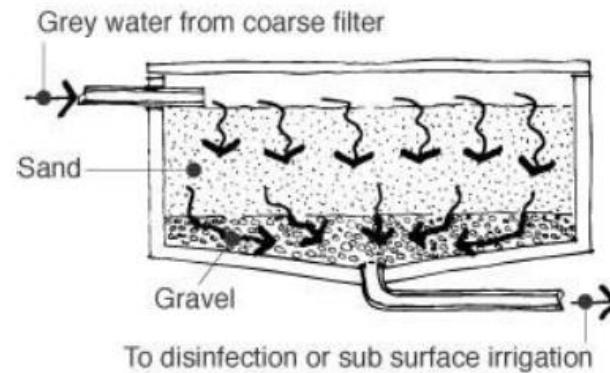
> 3.1 Origin, collection, treatment

Treatment

The treatment processes that can be used are in principle the same as those used for sewage treatment:

Mechanical systems :

=> sand filtration / lava filter systems



<http://www.reuk.co.uk/Sand-Filters-for-Greywater.htm>

For greywater to be stored for more than a day it must be disinfected - typically with chlorine or iodine to kill any pathogens which remain in it

3. Greywater

> 3.1 Origin, collection, treatment

Regulations about treated greywater reuse

World Health Organisation: main recommendations made in 1989, revised in 2006. Recommendations related to treated greywater reuse for agriculture, based on health risks

USA and Australia published in 2004 and 2006 (resp.) national recommendations.

In Europe, there are no regulations.

=> Directive 91/271/EC - art.12: « greywater are reused when it is suitable »

=> Some european countries defined their own regulations, more or less restrictives

3. Greywater

> 3.1 Origin, collection, treatment

Regulations: case of France

The National Health Agency (ANSES) estimates that greywater reuse is possible for strictly limited uses exclusively in areas submitted to repeated water shortage.

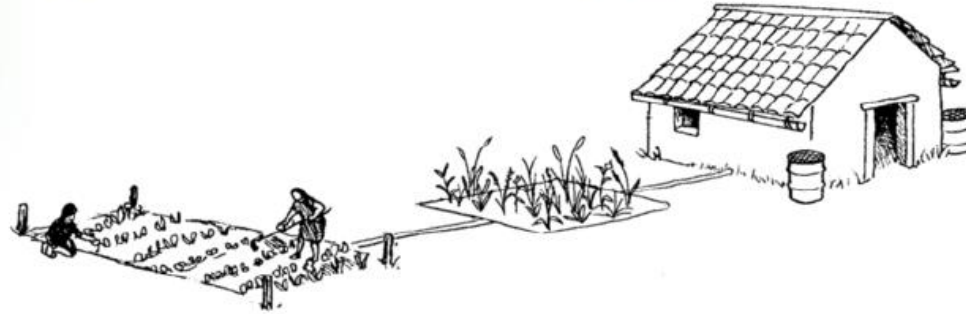
If greywater treatment is operated and is appropriate, its reuse is possible for:

- toilet flush supply
- green spaces irrigation
- outside surfaces cleaning without aerosol generation (no spray use)

3. Greywater

> 3.2 Greywater reuse for irrigation

Advantages / inconvenients of greywater reuse for irrigation



[http://en.hesperian.org/hhg/A_Community_Guide_to_Environmental_Health:Waste water:_A_Problem_or_a_Resource%3F](http://en.hesperian.org/hhg/A_Community_Guide_to_Environmental_Health:Waste_water:_A_Problem_or_a_Resource%3F)

Main advantages

- Preservation of the water resource
- Supply in nutrients:
organic matter, phosphorus, nitrogen, major ions...

Main inconvenients

- High salts content : soil salinization risk and plant tolerance
- Accumulation of metals
- Presence of pathogens and antibiotics...

100 mm of greywater spread over 1 ha can provide :

- 16 to 62 kg nitrogen,
 - 2 to 69 kg potassium,
 - 4 to 24 kg phosphorus,
 - 18 to 208 kg calcium,
 - 9 to 100 kg magnésium,
 - 27 to 182 kg sodium.
- (Faby et Brissaud, 1997)



- Rizik od zaslanjivanja tla
- Ponovna upotreba sive vode za navodnjavanje
- Navodnjavanje vodom može sadržavati visok sadržaj soli, što dovodi do zaslanjenosti tla i vode
- Posljedice: Za biljke: Osmotski efekti: modifikacija turgescencije, biosinteza osmolita
- Jonski efekti: toksičnost, poremećaji unosa minerala i vode
- Fiziologija biljaka: nekroza lišća, inhibirana proizvodnja hlorofila

⇒ Sodium Adsorption Ratio (SAR)

$$SAR = \frac{[Na^+]}{\sqrt{\frac{1}{2}([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])}} \quad \text{concentrations in cmol+/l}$$

- Preporuka SAR <20 za navodnjavanje vodom, bez rizika od slanosti

- Infiltracija
- Disperzija tla- stvrdnjava tlo i blokira infiltraciju vode, što biljkama otežava rast.
- Smanjena biljkama dostupna voda i povećano otjecanje i erozija tla. Raspršivanje tla ne samo da smanjuje količinu vode koja ulazi u tlo, već utječe i na hidrauličku vodljivost tla. Kada disperzija tla izazvana natrijumom uzrokuje gubitak strukture tla, smanjuje se i hidraulična provodljivost.
- Gornji sloj može dovesti do zbijanja tla.
- Ovo rezultira anaerobnim tlima koja mogu smanjiti ili spriječiti rast biljaka i smanjiti stope razgradnje organske tvari.
- Smanjenje razgradnje uzrokuje da tla postanu neplodna, crno-alkalna

- Urbana i prigradska poljoprivreda može uzrokovati porast u potrebi za vodom i može pojačati konkurenciju za vodene resurse među komercijalnim aktivnostima, domaćinstvima i poljoprivredom.
- Ponovna upotreba vode u poljoprivredi ima brojne prednosti za sve uključene strane
- pruža cjelogodišnju opskrbu vodom, zajedno s hranjivim sastojcima i organskom materijom, kao podrška biljnoj proizvodnji;
- osiguravanje hrane, prihoda i zaposlenja gradovima i poboljšanje urbanog pejzaža.
- Uz to, dobro upravljana ponovna upotreba vode može smanjiti opterećenje zagađenjem na nizvodnim vodotocima.

- Voda se koristi u gradu, u domaćinstvima i komercijalnim aktivnostima.
- Kada se koristi, kvaliteta vode se pogoršava patogeni i hemikalijama: postaje otpadna voda.
- Gradske otpadne vode odvođene se nazad u rijeke – uticaj na okoliš i rizici po zdravlje

- U isto vrijeme ruralne i prigradske farme snabdijeva se svježom vodom iz bližih izvora vode
- Koriste se skupa mineralna gnojiva da se obezbjede hranljiva za usjeve.
- Uz ove i druge ulaze povrće se proizvode, a zatim transportuju i prodaje se u gradu

- Mjere ublažavanja toplinskih otoka
- U studiji nedavno objavljenoj u prestižnom časopisu Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States (PNAS), istraženo je da su stabla ključna za oporavak klime u gradovima. Gradovi diljem svijeta bilježe rekordne temperature tijekom ljetnih mjeseci, što također dovodi do ozbiljnih posljedica na ljudsko zdravlje. Iako se povećanje površina prekrivenih stablima često predlaže kao jedno od rješenja za prilagodbu klimatskim promjenama, do sada nije bilo poznato kolika je potrebna površina prekrivena stablima da bi se umanjio utjecaj povišenih temperatura iznad nepropusnih površina kao što su ulice, pločnici i zgrade. Za tipičnu veličinu gradske četvrti u slučaju kada je prekrivenost stablima veća od 40% dolazi do značajnog smanjenja dnevnih temperatura zraka, osobito za vrijeme najtoplijih dana.

- Dugoročna rješenja ponajprije podrazumijevaju pametno planiranje gradova, kako bi se izbjegle ili smanjile opasnosti od ekstremnih utjecaja. Riječ je o planskom podizanju zelenih i vodenih površina, izgradnji takozvane zelene i plave infrastrukture pod kojom se podrazumijevaju ne samo novi parkovi, već i zeleni krovovi, fasade... Sve više gradova razvija strategije koje uključuju problematiku klimatskih promjena. Trenutno su strategije vezane za klimatske promjene usmjerene na energetske sektor i mobilitet, što znači smanjivanje potrošnje energije i stakleničkih plinova. Isto tako vidljivi su pomaci u investicijama za renoviranje, odnosno „retrofitting“ gdje se starogradnja adaptira za moderne potrebe i uvjete. Puno pitanja vezanih za utjecaj klimatskih promjena na lokalnoj razini, pogotovo planiranje zelenih površina u prostorima koji su prenapučeni, još uvijek je otvoreno. Primjeri inovativnih rješenja sa zelenim fasadama i krovovima mogu se pronaći na pojedinim lokacijama, međutim još uvijek nisu prihvaćeni kao standardna rješenja na globalnoj skali.



Slika 4: Negativan (lijevo) i pozitivan (desno) primjer parkirališta: Ljubljana (lijevo) i park dr. Tuđmana (desno)

Izvor: (https://vizkultura.hr/koraci-prema-zelenoj-buducnosti-u-gradu/1_zagreb_ljubljana_img_4827/)



Urban agriculture



Green walls

Urban green infrastructure



Urban woodlands



Suburban street trees



City street trees



Green roofs



Sensitive urban design



Parks, gardens & golf courses

Slika 5: Primjeri zelene infrastrukture

Izvor: (<https://ecoandsustainable.com/2014/11/03/green-infrastructure/>)

Vrijednosti urbanog zelenila svrstava se u nekoliko kategorija:

- Sociološke vrijednosti
- Zdravstvene vrijednosti
- Ekološke vrijednosti
- Biološke vrijednosti
- Estetske vrijednosti
- Ekonomske vrijednosti



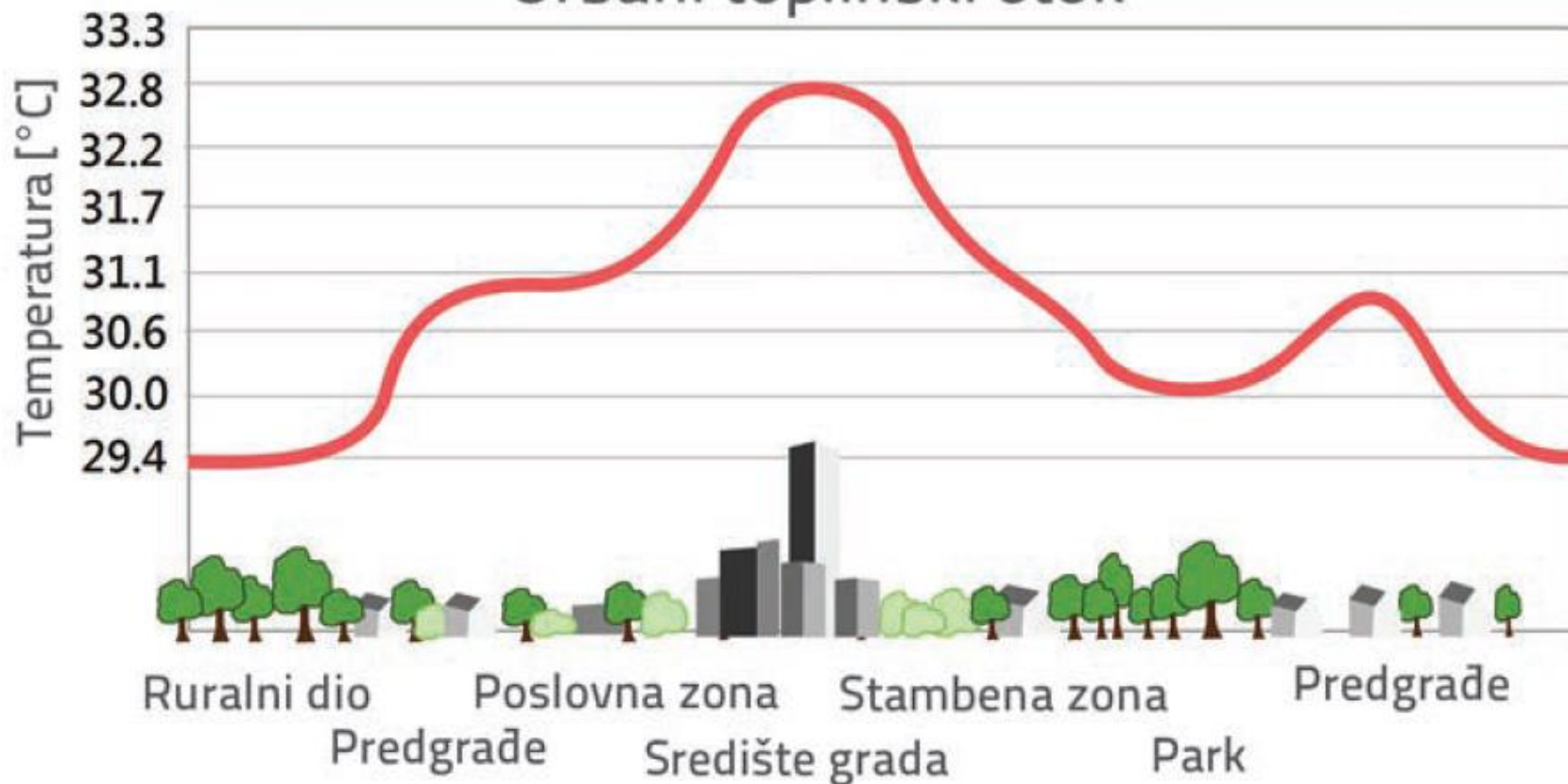
Slika 6: Skica benefita urbanog zelenila

Izvor: (<https://www.cnu.org/publicsquare/2018/12/14/benefits-urban-trees>)

- porast globalne temperature znatno mijenja lokalna klimatska obilježja i dovodi do stvaranja takozvanih urbanih toplinskih otoka. Najveći gradovi današnjice ispunjeni su kilometrima užarenoga asfalta koji toplinu isijavaju i satima nakon zalaska Sunca kao i velikim brojem automobila i drugih prijevoznih sredstava koji doprinose povećanju temperature pa razlike u temperaturi zraka između urbanih gradskih i krajeve uobičajeno, prirodno hlađenje tla, a uske gradske ulice omeđene visokim zgradama nepovoljno usmjeravaju strujanje zraka i sprječavaju da vjetar otpuše višak topline.
- U navedenim uslovima nastaju pojave nazvane “urbani toplinski otoci“, a izazov su s kojim se gradske vlasti diljem svijeta susreću sve češće.
- Ovaj problem bi trebalo sanirati prije nego eskalira, jer bi trend naseljavanja i širenja gradova koji zauzimaju sve veću površinu Zemlje u mogao dovesti i do globalnoga povećanja prosječne temperature zraka.
- Toplinski otoci nastaju kada zgrade i ceste zamijene zelene površine, jer su one građene od materijala drugačijih svojstava od okolnog područja (najčešće asfalt i beton). Takvi materijali nemaju dobru sposobnost refleksije, odnosno apsorbiraju više energije Sunca, te se ona na taj način zadržava i zagrijava površinu.

- razlike u temperaturi zraka između urbanih gradskih i ruralnih sredina mogu iznositi i do 10 °C.
- U području s bujnijom vegetacijom temperatura je niža pa i parkovi i rekreacijski centri te jezera, rijeke i brežuljci imaju nižu temperaturu zraka od gradskih središta ili industrijskih zona.

Urbani toplinski otok



Usporedba temperatura u gradovima i okolnim područjima

U prosjeku temperatura zraka u gradu je za 0,5-1,5°C viša od temperature zraka u ruralnim područjima

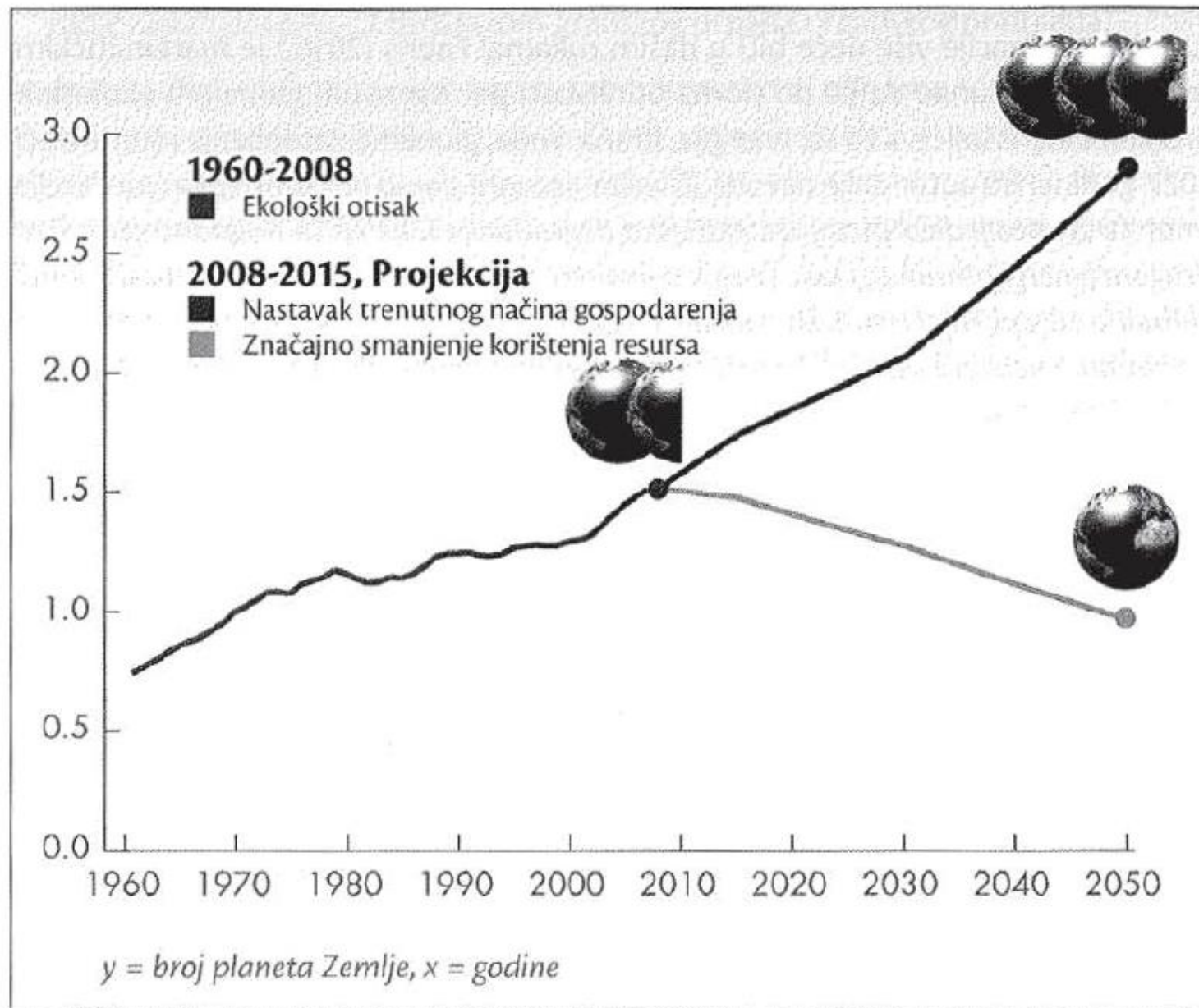
- danas postoji mnogo više razloga zbog kojih lokalni uzgoj hrane, uz uzgoj sirovina za hranu u gradovima, ponovno postaje aktualan:
- neophodna je stednja prirodnih resursa i smanjivanje utjecaja na promjenu klime,
- fosilnih goriva ima sve manje i njihova cijena sve više raste,
- klimatske promjene (izazvane sagorijevanjem fosilnih goriva, intenzivnom poljoprivredom i drugim ljudskim aktivnostima) umanjuju prinose i doprinose eroziji tla,
- nagli porast svjetske populacije (**očekuje se porast za 20 - 40 % do 2050. godine**) traži veće količine hrane, a u isto vrijeme dolazi do smanjivanja ukupne površine poljoprivrednog zemljišta i opadanja prinosa kao posljedica širenja gradova, klimatskih promjena i iscrpljivanja zemljišta intenzivnom proizvodnjom,

- nagli porast gradskog stanovništva koje je već 2008. godine brojčano preraslo ruralnu populaciju, uz istodobno rastuću ekonomsku i društvenu krizu gradova,
- više od 50% svjetskog stanovništva danas živi u gradovima, s tendencijom daljnjeg porasta gradske populacije. Sve je veća nezaposlenost gradske populacije i sve su veći troškovi održavanja i upravljanja gradovima,
- sve su veća ekološka onečišćenja od intenzivne poljoprivrede i gradske industrije,
- ugljikov dioksid i azotna jedinjenja sve više onečišćuju zrak, tlo i vodu,
- okretanje ekološki čistoj, odnosno ekološkoj proizvodnji traži veći udio ljudskog rada; raste i potreba za reciklažom gradskog otpada organskog porijekla.

Tablica 21. Ekološki otisak čovječanstva u brojkama

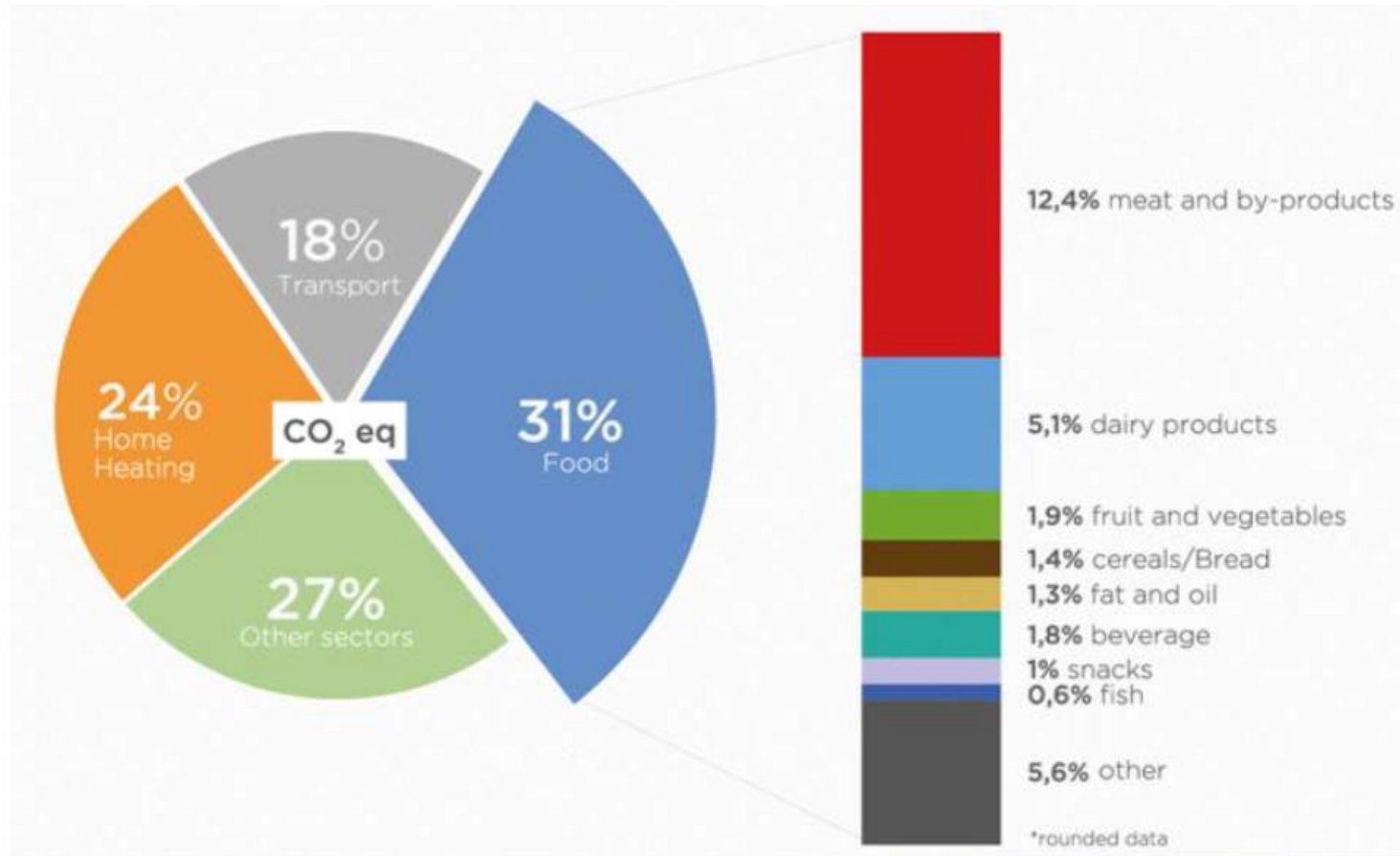
2.6 globalnih hektara	Prosječni ekološki otisak po osobi na svijetu
1.7 globalnih hektara	Količina dostupne produktivne vodene i kopnene površine po osobi na svijetu
1.5 godina	Količina vremena koje je potrebno Zemlji za regeneraciju ljudskog ekološkog otiska
50 %	Postotak za koji ljudski ekološki otisak prelazi regenerativne sposobnosti planeta Zemlje
1.5 planet Zemlja	Broj planeta koji su potrebni kako bi se obnovio trenutni zahtjev čovjeka na planetu Zemlji
3.9 planeta Zemlje	Broj planeta koji bi nam bili potrebni da svatko od nas živi kao prosječni Amerikanac
53 %	Postotak ekološkog otiska čovjeka koji se odnosio na emisije ugljikova dioksida u 2010. godini (emisije stakleničkih plinova)
36 %	Postotak ekološkog otiska čovjeka koji se odnosio na emisije ugljikova dioksida u 1961. godini (emisije stakleničkih plinova)
91	Broj zemalja s deficitom biokapaciteta, čiji ekološki otisak po glavi žitelja premašuje njihov biokapacitet po glavi (uključene 152 zemlje)
85 %	Postotak svjetske populacije koji živi u zemljama s deficitom biokapaciteta

Izvor: http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/gfn/page/living_planet_report_2014



Slika 99. Scenariji budućeg ekološkog otiska
 Izvor: Wiedmann i Barret, 2010.

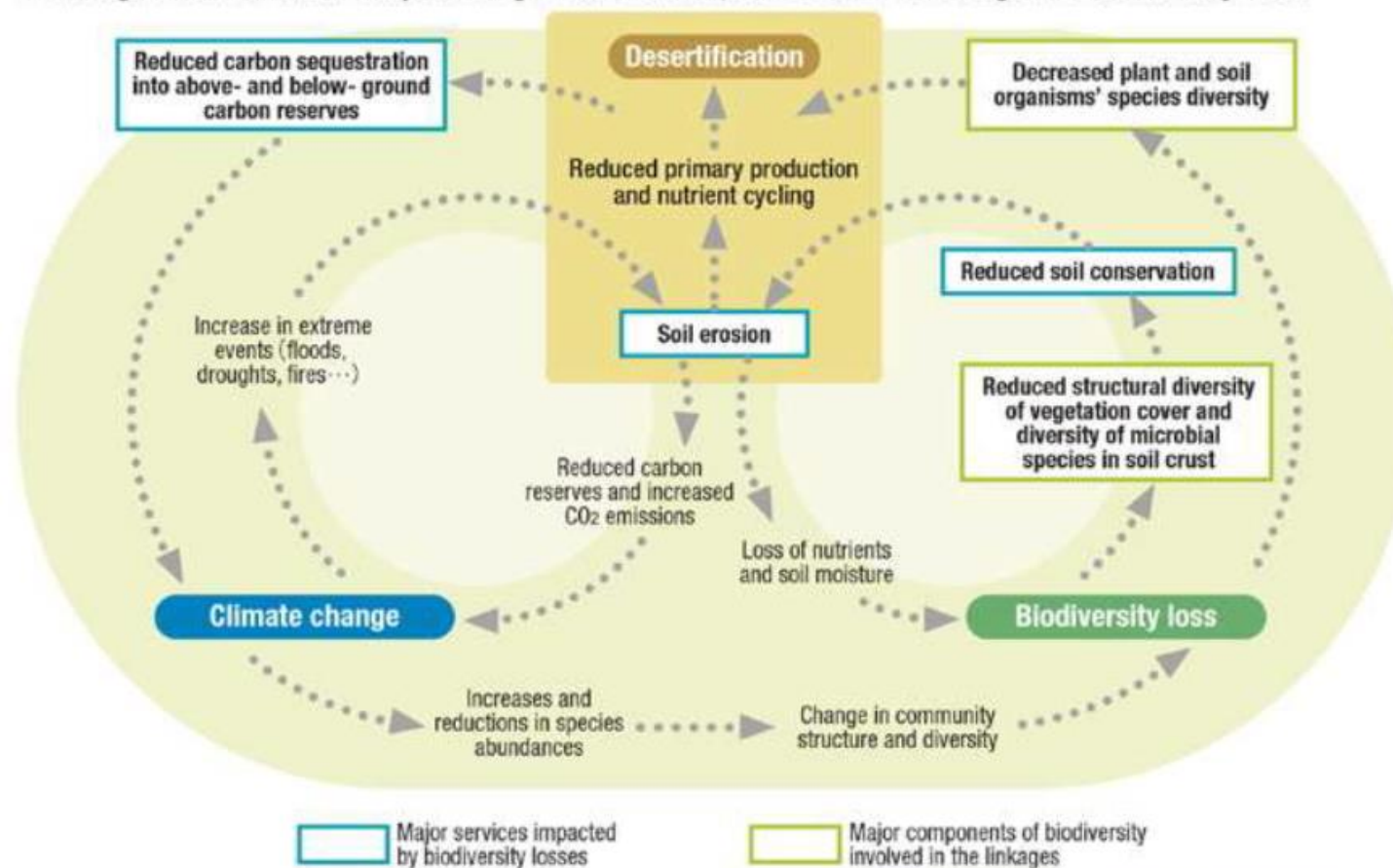
European greenhouse gas emissions, by sector



Source: Barilla Center for Food and Nutrition

Klimatske promjene i poljoprivreda

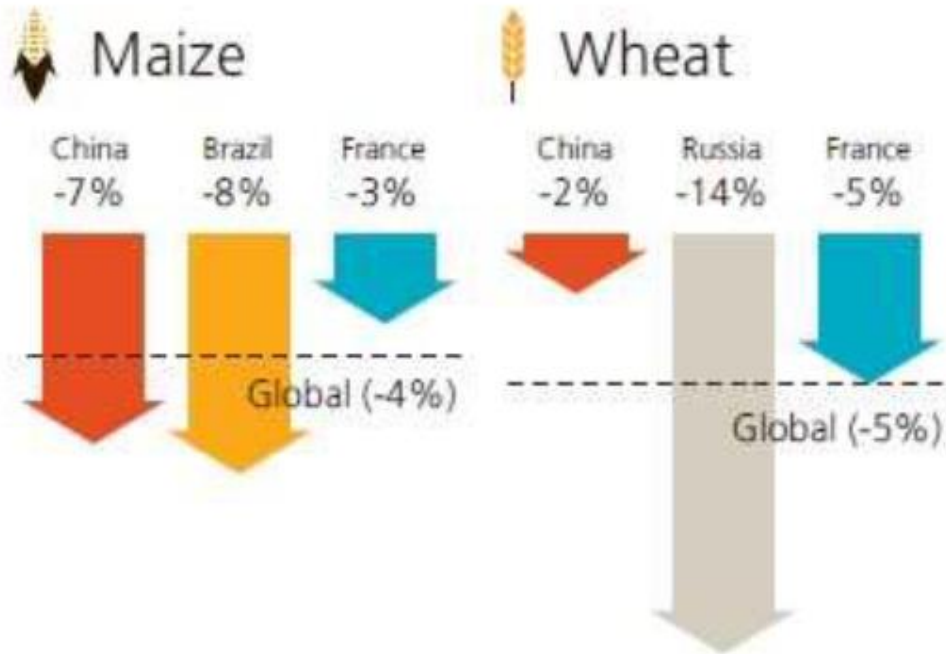
▼ Linkages and Feedback Loops among Desertification, Global Climate Change and Biodiversity Loss



Source: Ministry of the Environment, Government of Japan

It is affecting crop yields

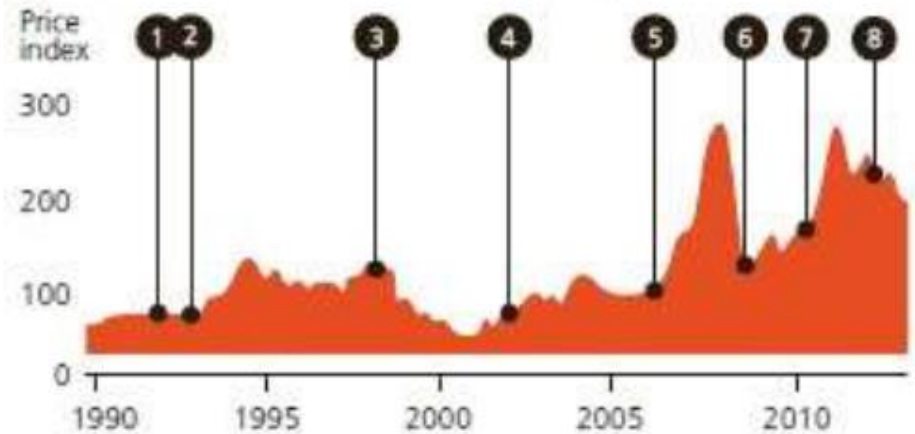
Maize and wheat yields show climate impacts



It is putting up prices

Recent price spikes for food have been linked to extreme weather events

SEASONAL CLIMATE EXTREMES AND THE FOOD PRICE INDEX



1. Australia wheat.
2. US maize.
3. Russia wheat.
4. US wheat, India soy, Australia wheat.
5. Australia wheat.
6. Argentina maize, soy.
7. Russia wheat.
8. US maize.

Source: CGIAR Annual report

THE FOOD CHAIN AND THE ENVIRONMENT

The Life Cycle Assessment of Apples, Pasta and Red Meat

For these three foods the CO₂ emissions of the specified supply chain are shown both with an absolute value per lb of product and the percentage relative to the single stage of the life cycle. Where required, an estimate of the impact due to cooking is also given.



Source: Barilla Center for Food and Nutrition

Food-miles concept



Food-miles accounts for the distance that food is transported between producer and consumer

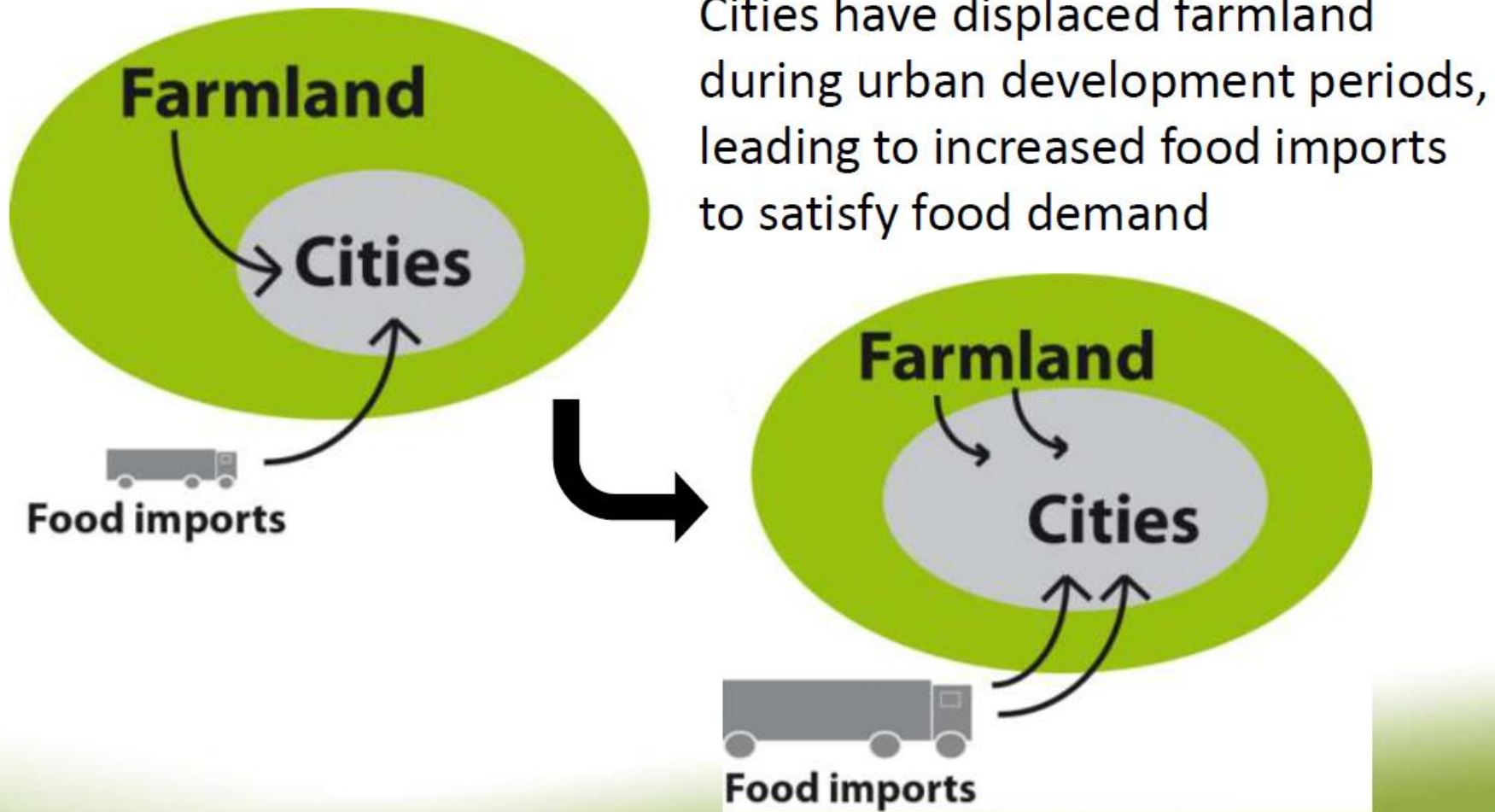
“how far food travels en route to your stomach.”
(Schnell, 2013)

“Hundred-mile diet” a challenge to get people to eat as much as possible from within 100 miles of their home (Smith and MacKinnon 2007).

Schnell, Steven M. "Food miles, local eating, and community supported agriculture: putting local food in its place." Agriculture and Human Values 30.4 (2013): 615-628.

Smith, A., and J.B. MacKinnon. 2007. Plenty: Eating locally on the 100-mile diet (originally published as The 100-mile diet: A year of eating locally (in Canada) and as Plenty: One man, one woman, and a raucous year of eating locally (in the U.S.)). New York: Three Rivers Press.

Local production



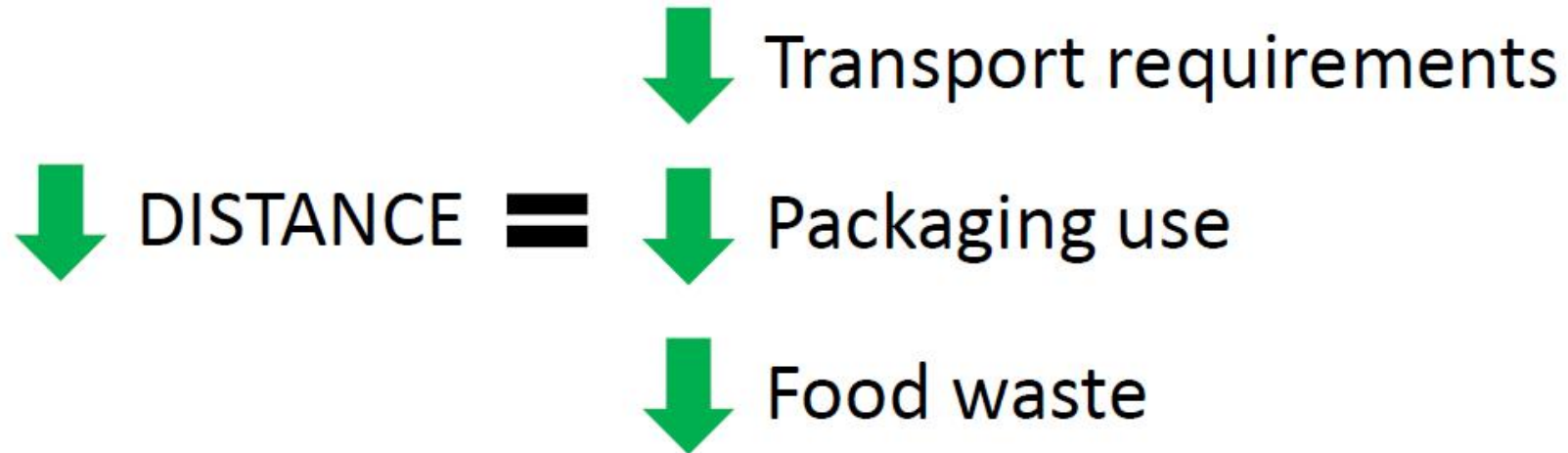
Local production

Local food systems, such as urban agriculture, aims to recover farmland spaces or create new ones to increase local food production and shorten the distance between producers and consumers



Local production

Environmental benefits of local supply-chains



Sanyé-Mengual et al. "Environmental analysis of the logistics of agricultural products from roof top greenhouses in Mediterranean urban areas." Journal of the Science of Food and Agriculture 93.1 (2013): 100-109.

Food waste generation



Source: Barilla Center for Food and Nutrition

Food waste impacts



Source: Barilla Center for Food and Nutrition

Urban system = linear metabolism as an entry/exit model

raw materials :

- construction (*e.g.* wood, bricks, metals)
- landscape design (*e.g.* rocks, arable earth)



How to limit the exportation of wastes out of the city ?

Urban system = change urban metabolism to a circular model

raw materials:

- construction (*e.g.* wood, bricks, metals)



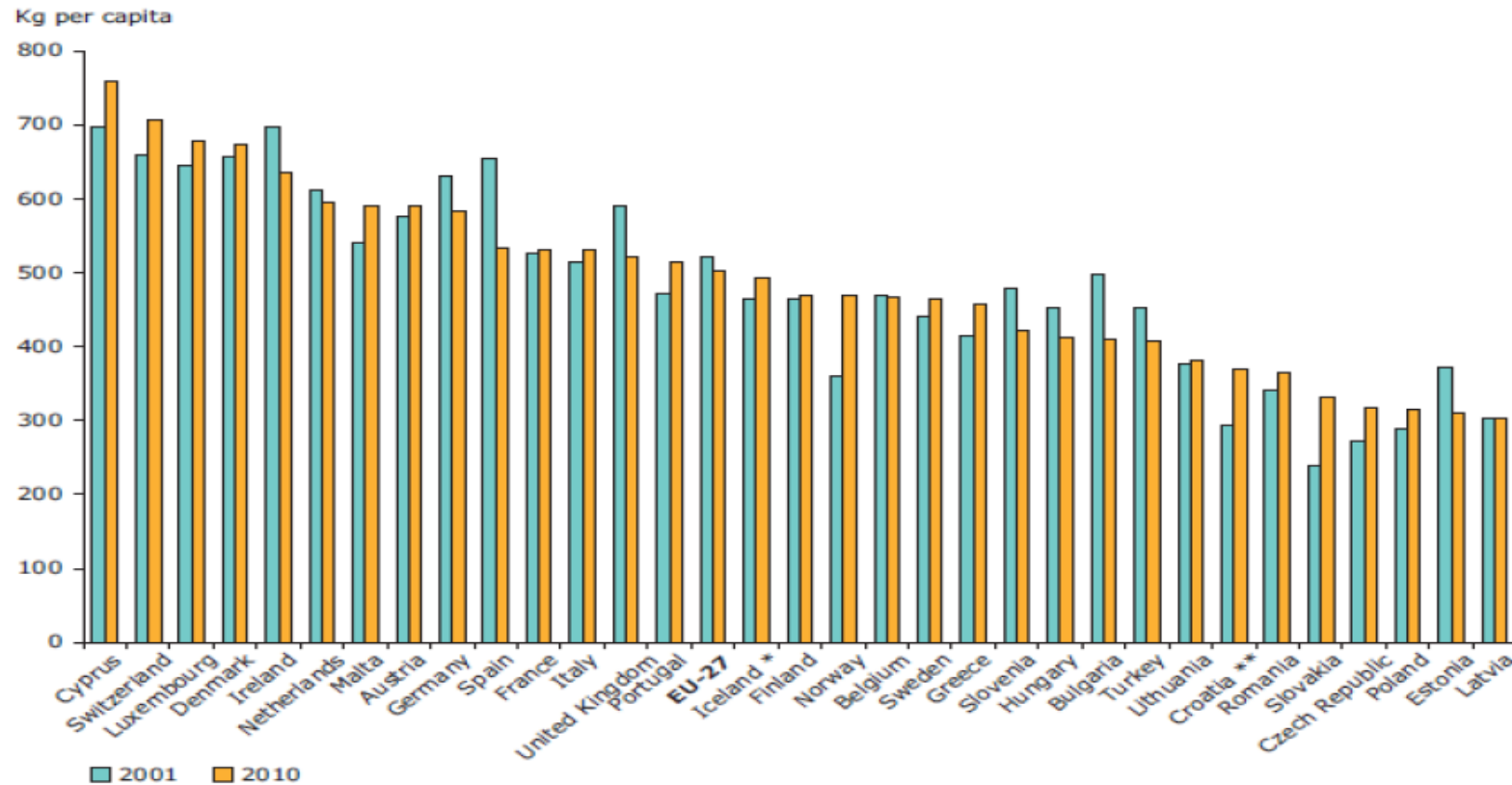
→ by recycling urban wastes

Tipovi biljnog otpada u gradovima



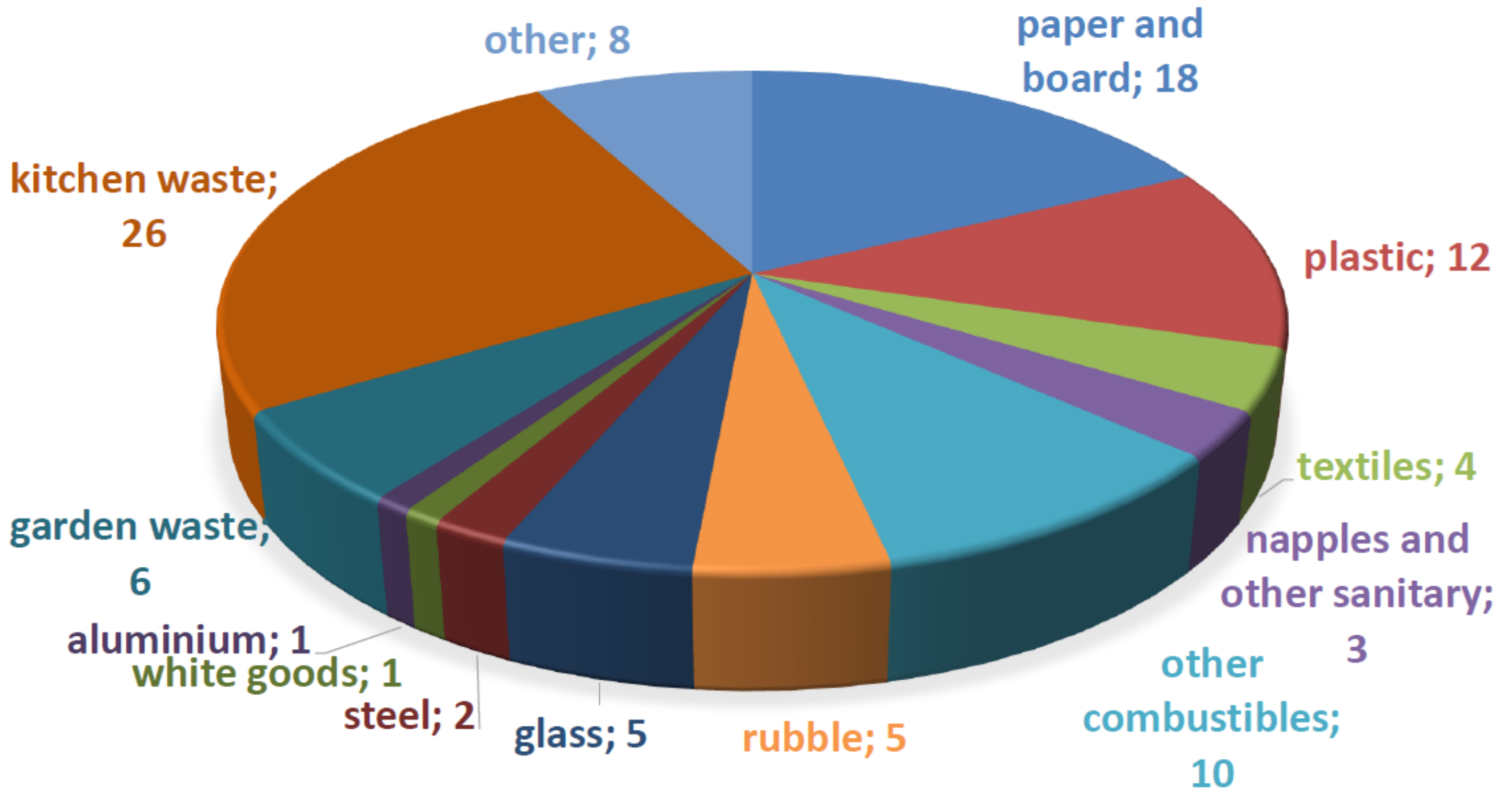
Urban wastes

Municipal waste production for european countries in 2001 and 2010 (kg per capita)

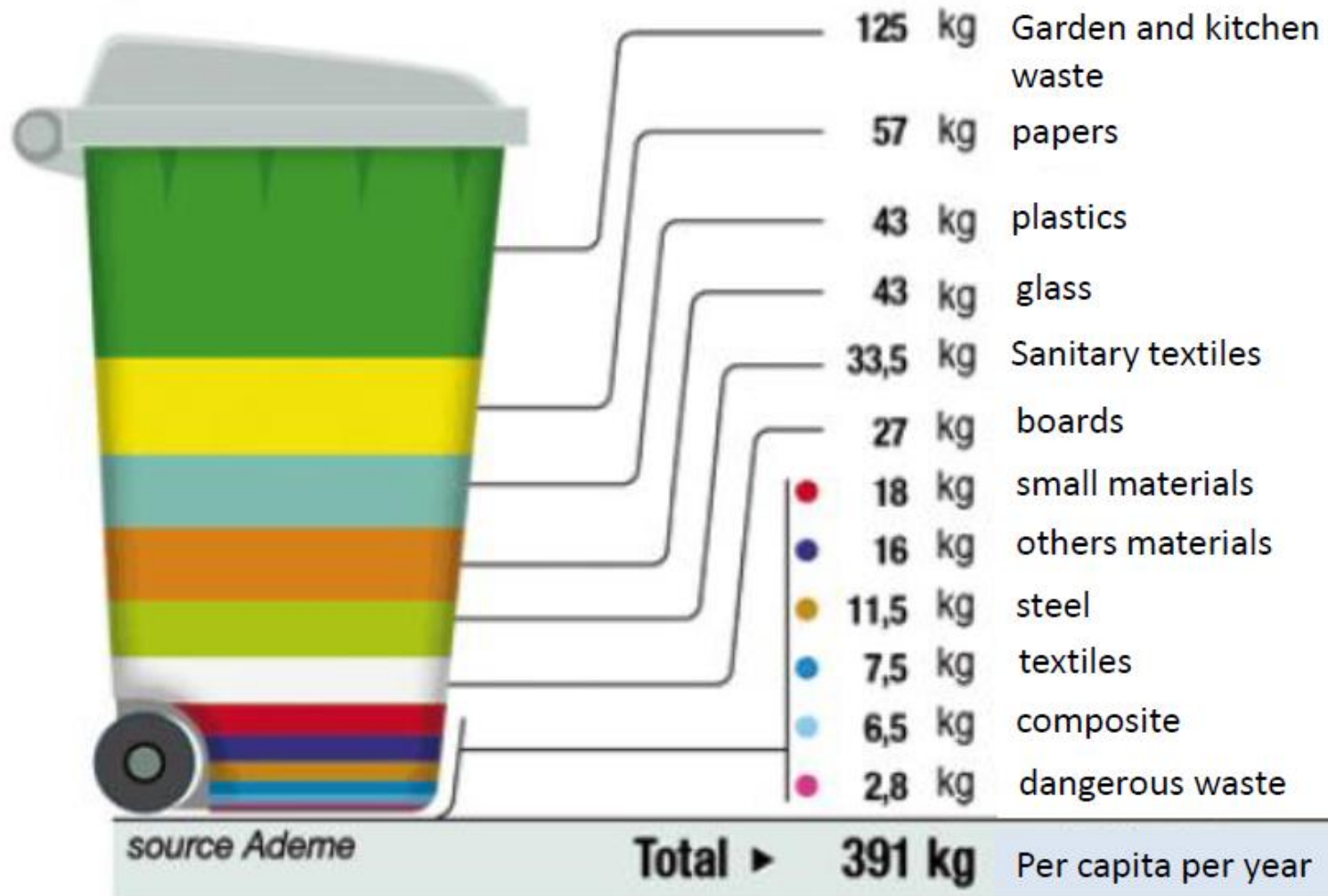


Note: (*) 2008 data used for 2010. (**) 2004 data used for 2001. According to Eurostat the comparability of the data over time is high. However, some breaks in the time series are documented, which can influence the comparability between countries and within a country. Generally, the quality of the data has improved during the period 2001–2010.

Municipal solid waste composition UE 27 %



➔ Type of wastes collected by municipal services in France



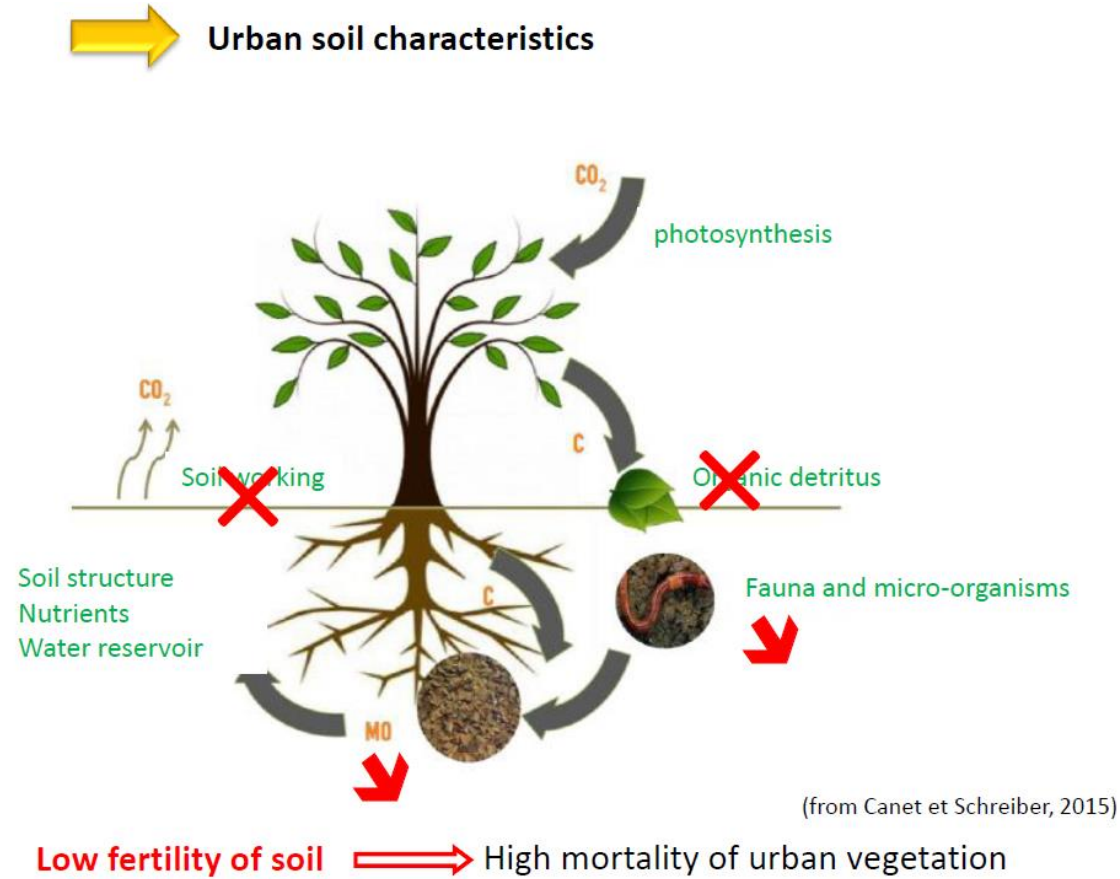
➔ **Biowastes : ?**



Municipal biowaste production (other than agriculture and woodculture) in 2013 in France

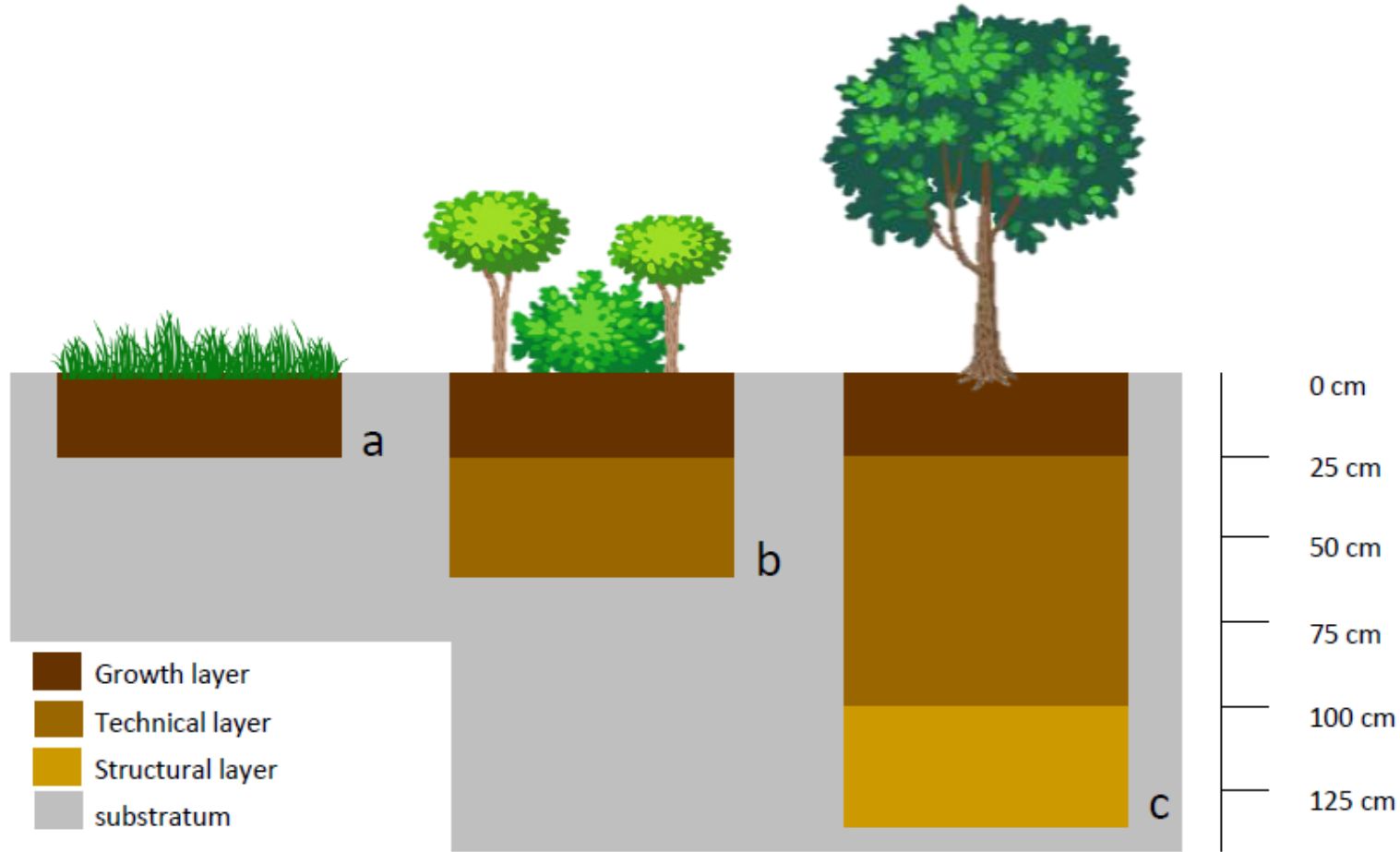
Organic waste	Millions of tons
Waste collected by municipal services	20.2
Kitchen waste	7.1
Papers and board, textiles, sanitary	7.2
Green waste	5.9
in domestic waste	1.2
in local waste disposal	3.5
by door-to-door	1.2
Organic waste with domestic management	5.1
Other organic waste	21.1
Green waste from municipality	1
Sewage sludge	9
market	0.4
Green waste from enterprises	3.2
Food retail	0.8
Restaurant	1.1
Food industries	3
Paper industries	1.8
Others industries	0.8
TOTAL	46.4

Potencijalne koristi od bio otpada za uzgoj biljaka





Support for plant development as function of land uses



Support of traffic lanes
Tramway
Extensive green roofs

Squares and parks
Support of public building
Intensive green roofs
Common gardens
Industrial sites

Street trees



Constructed soil with great quantity of composts

Soil of tramway



Extensive green roof





Constructed soil with great quantity of composts for squares and parks

Fondation Louis Vuitton Paris 2014



Cité Internationale Lyon 1998



2012





Constructed soil with great quantity of bio-waste for intensive green roof



Roof of AgroParisTech
Paris

Montréal

Potential uses of biowaste



Soil with great quantity of composts for common gardens
60% of soils modified and with technogenic materials



Potential uses of biowaste



Soil with great quantity of composts for private gardens
60% of soils modified and with technogenic materials



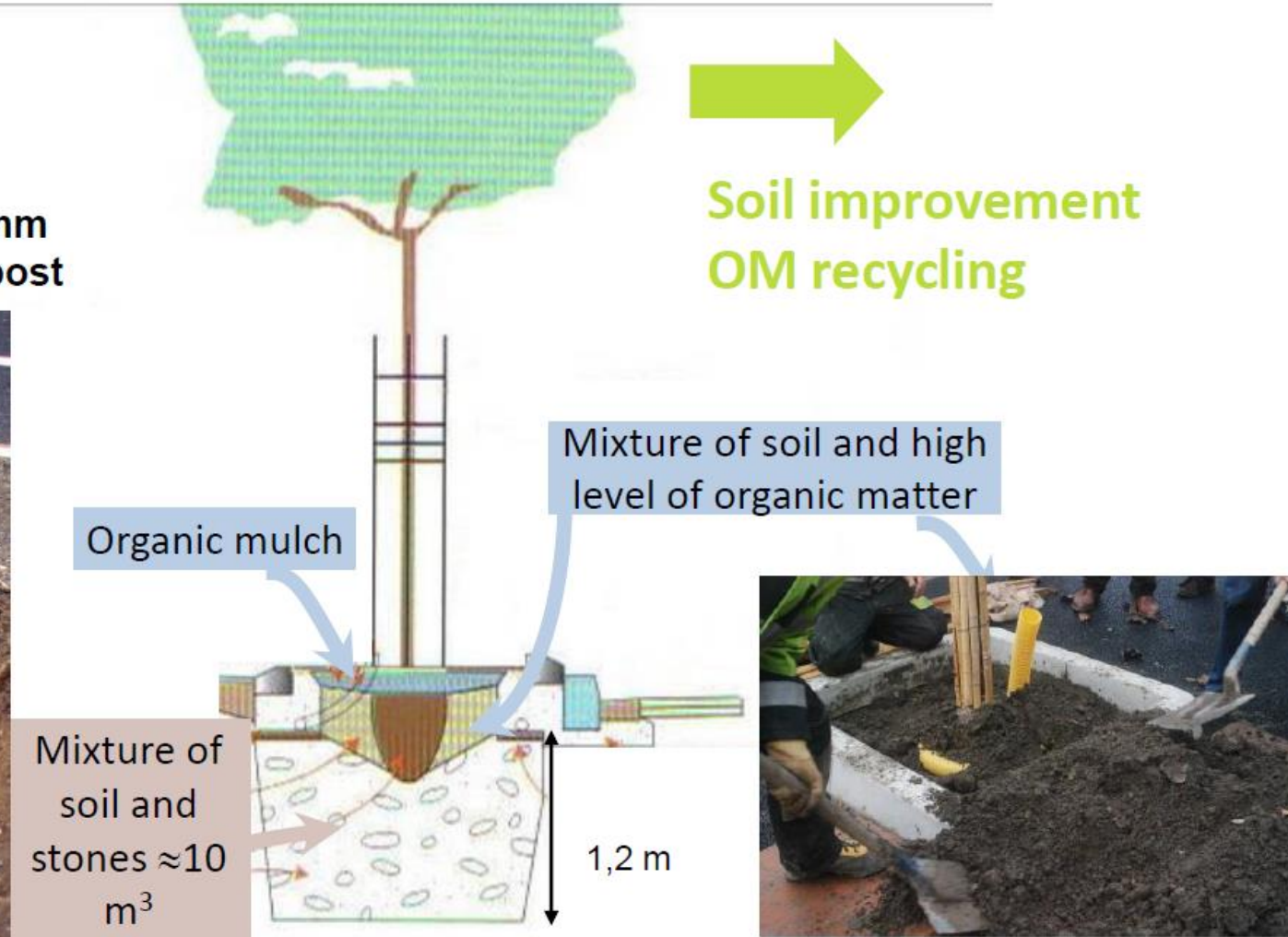
Bad control of organic matter inputs
⇒ soil contamination and salinisation

Potential uses of biowaste

➔ **Constructed soil with great quantity of composts for street trees**

Since 2000 in France

Mixture stone-soil =
65% v/v stones 40-90mm
35% v/v soil and compost



Soil reconstitution for tree planting (Daunay, 1999)





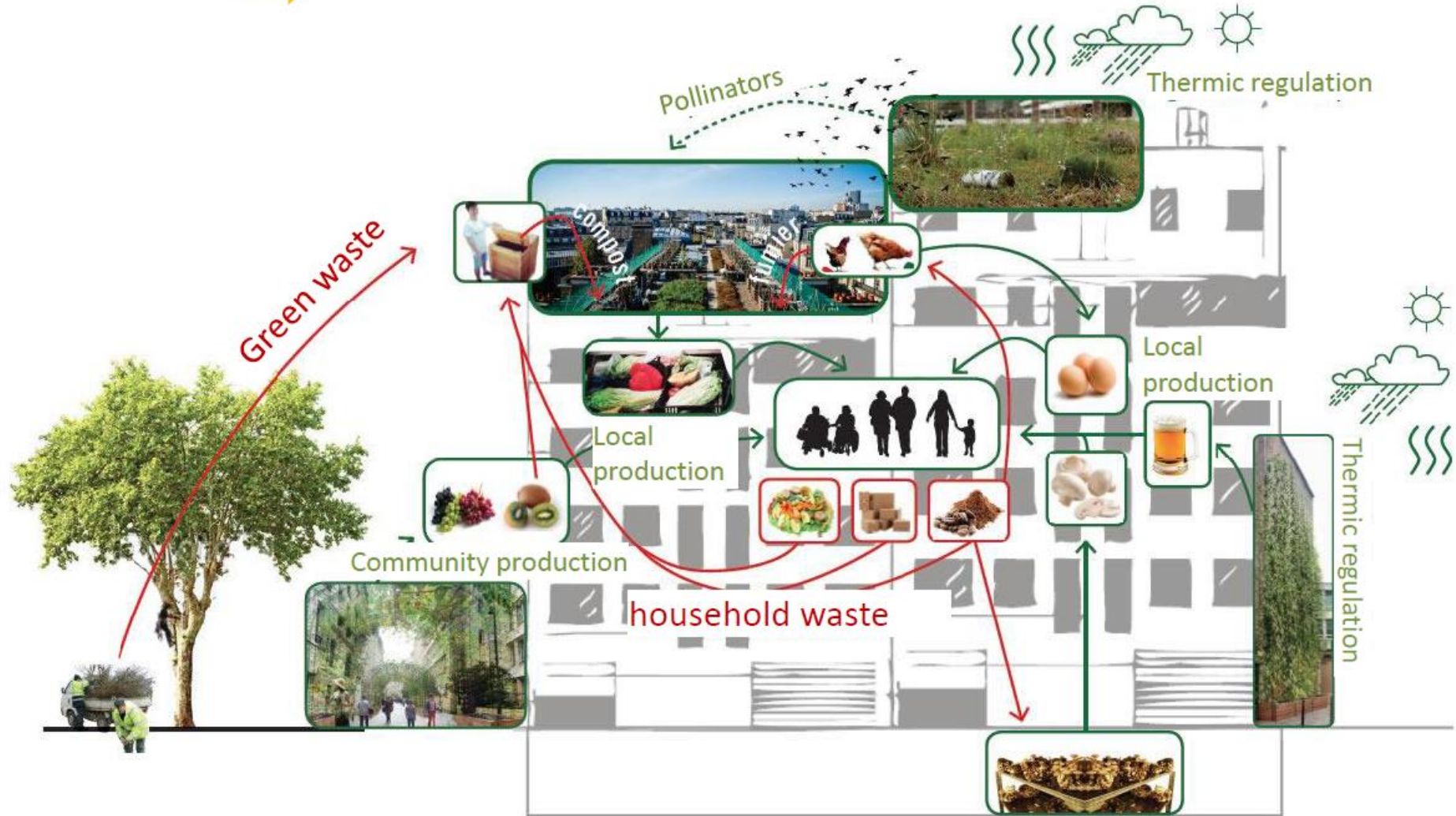
Constructed soil with biowaste and mineral waste

SITERRE program is funded by the French Environmental Agency (ADEME) and aims at developing an alternative approach **by constructing fertile soils with urban wastes and by product dedicated to landscaping.**





The city as a sustainable ecosystem

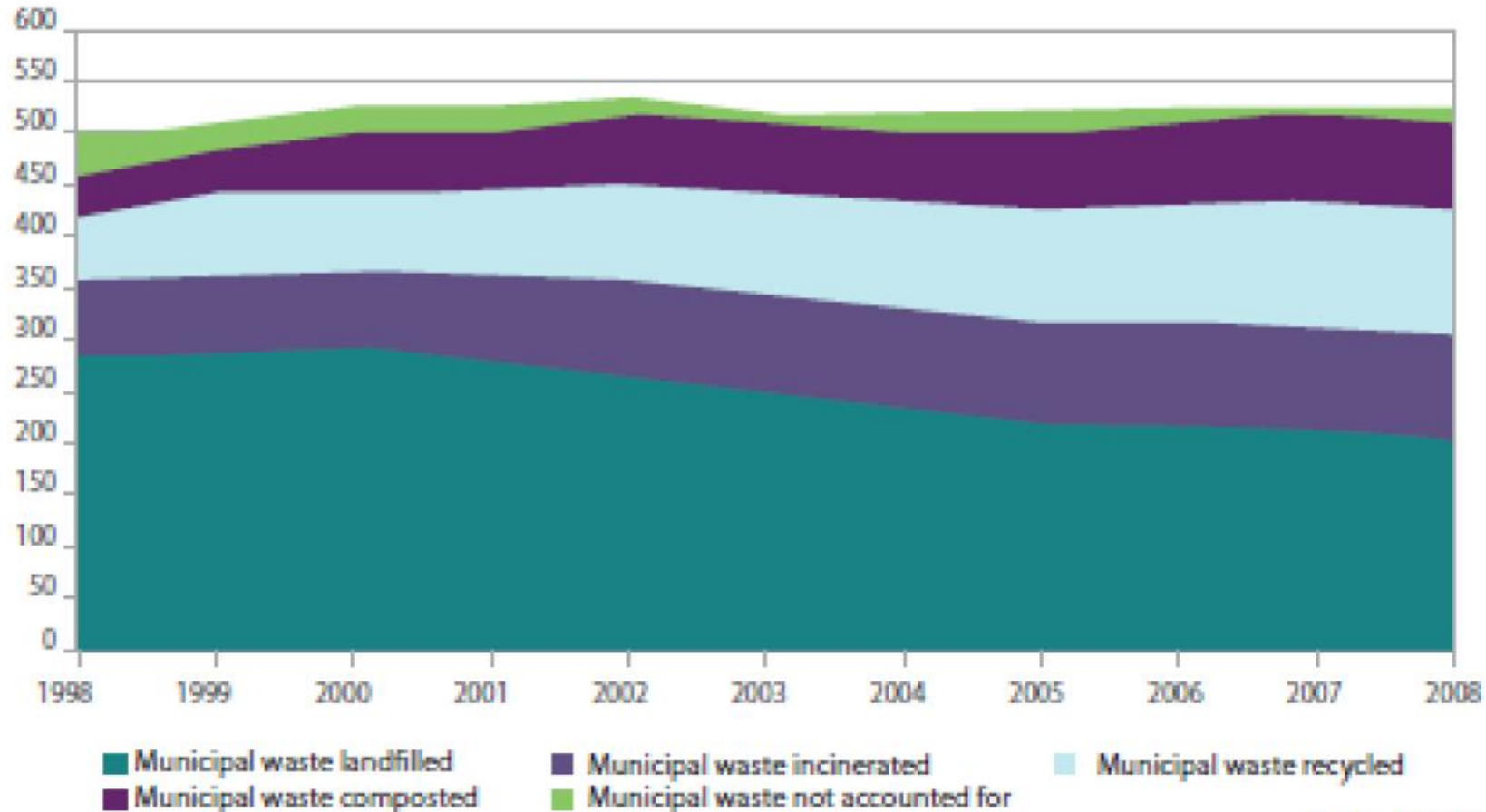


Copyright © 2014 Topager SAS. Tous droits réservés.

Ways of recycling



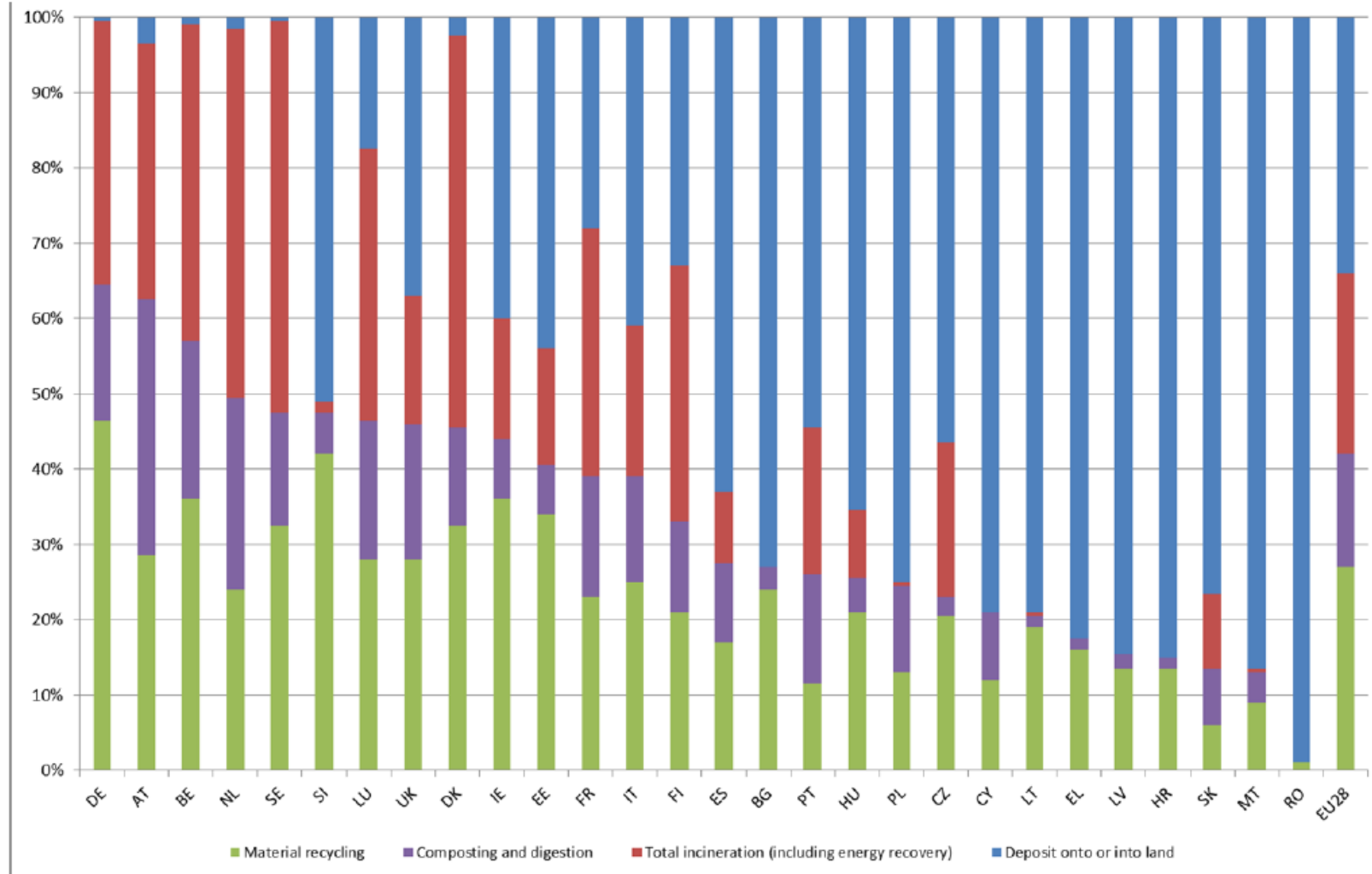
Ways of municipal waste treatment in European Union



Source: Eurostat



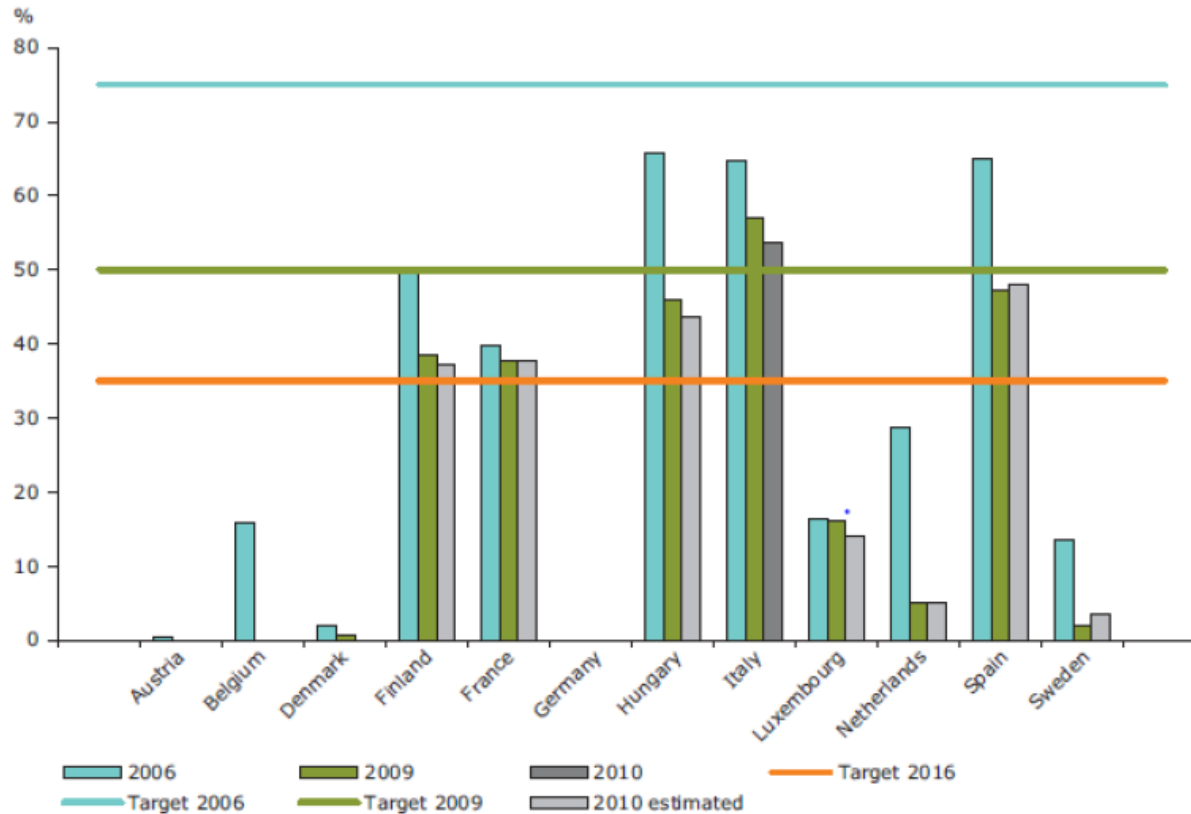
Type of municipal waste treatments in 2012 in European Union countries





Landfilling management = the worst waste management option

Percentage of biodegradable municipal waste landfilled in 2006, 2009 and 2010 compared with the amount generated in 1995 – countries without derogation periods



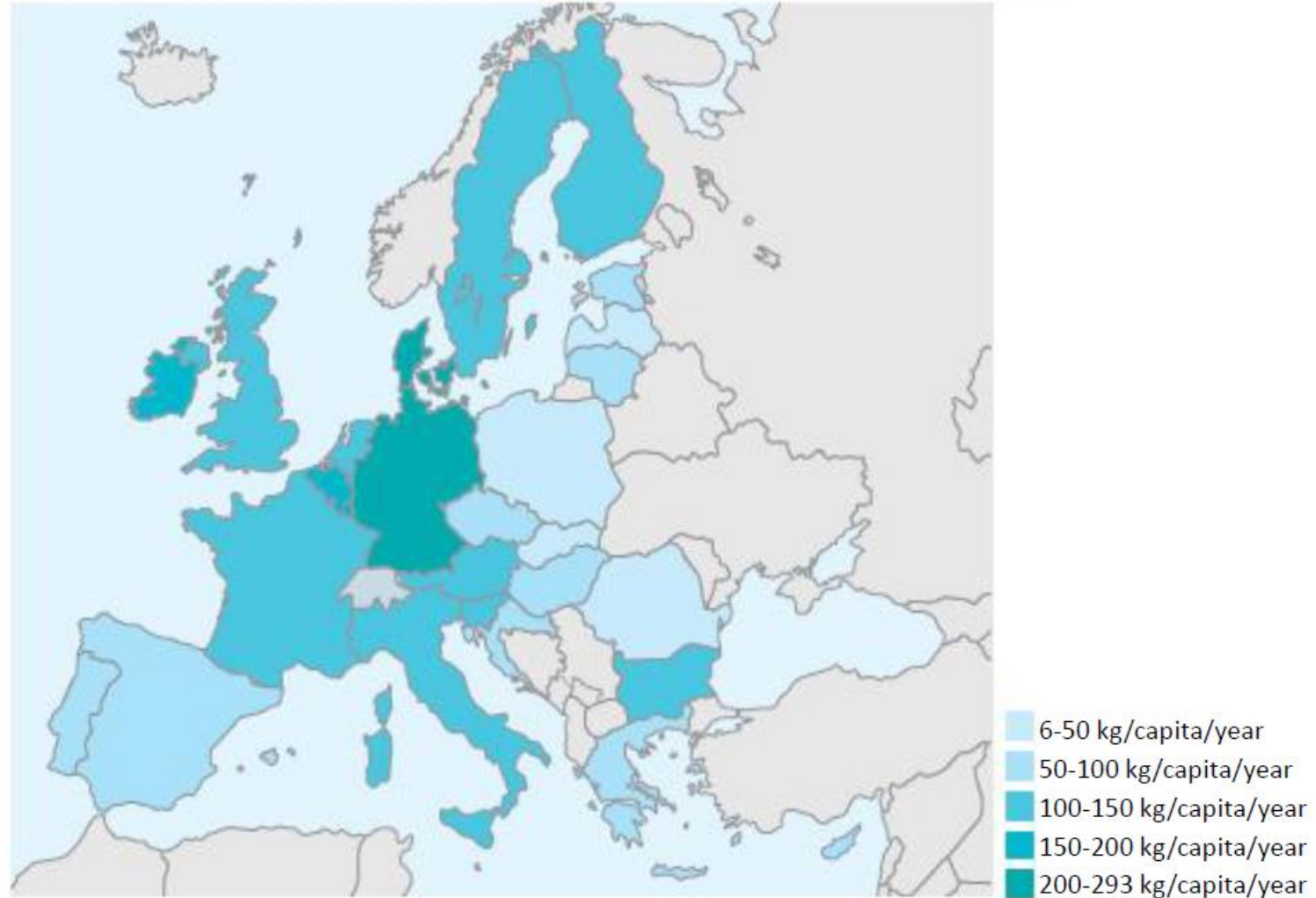
Note: 2010 data are estimated for all countries but Italy.

Source: Data provided by EU Member States to the European Commission (EC, 2012a), ETC/SCP (2013d) and ETC/SCP estimates.

Ways of recycling



Municipal waste sent for recycling in European countries in 2012 in kg/capita/year



Source : Eurostat

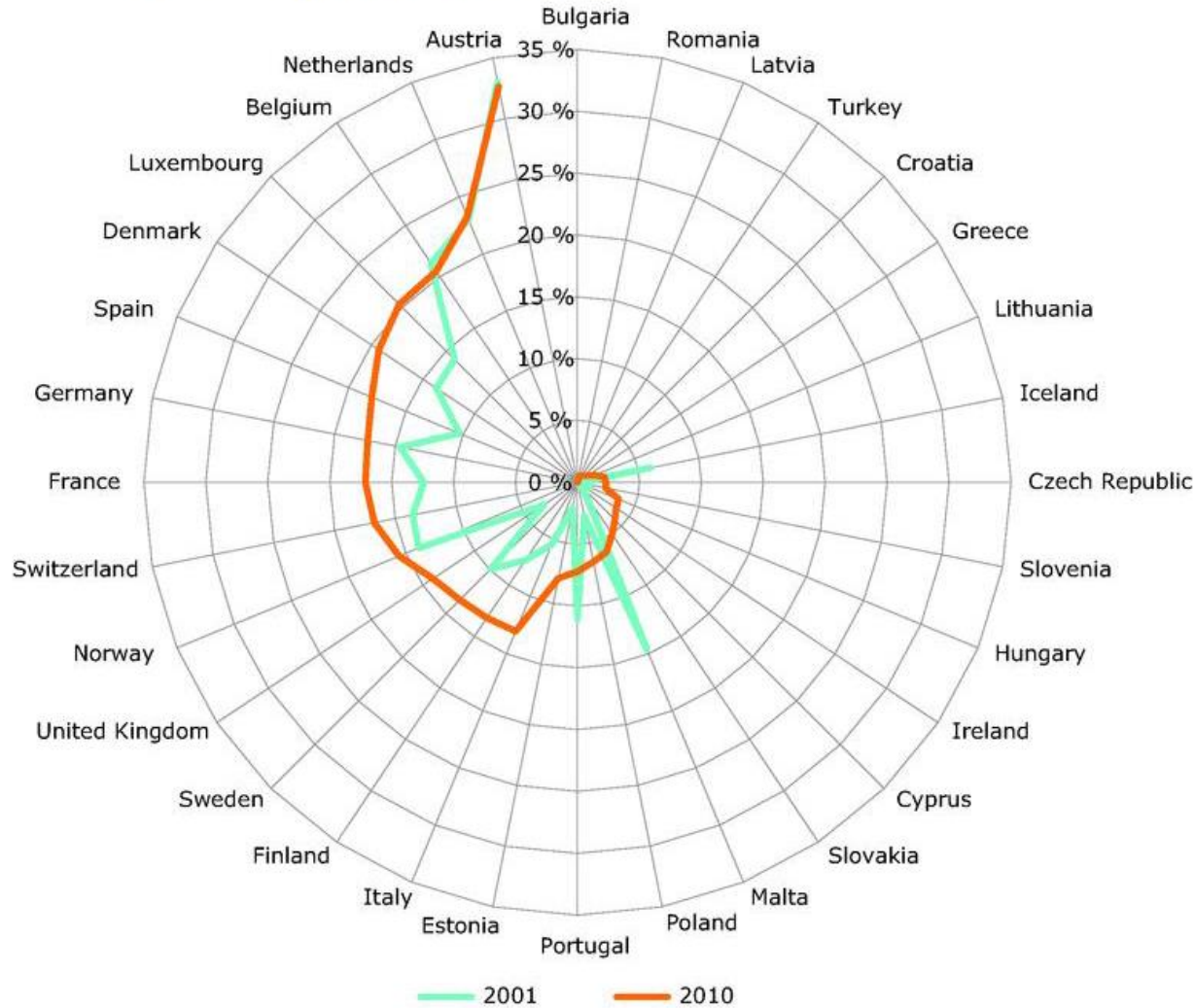


Erasmus+





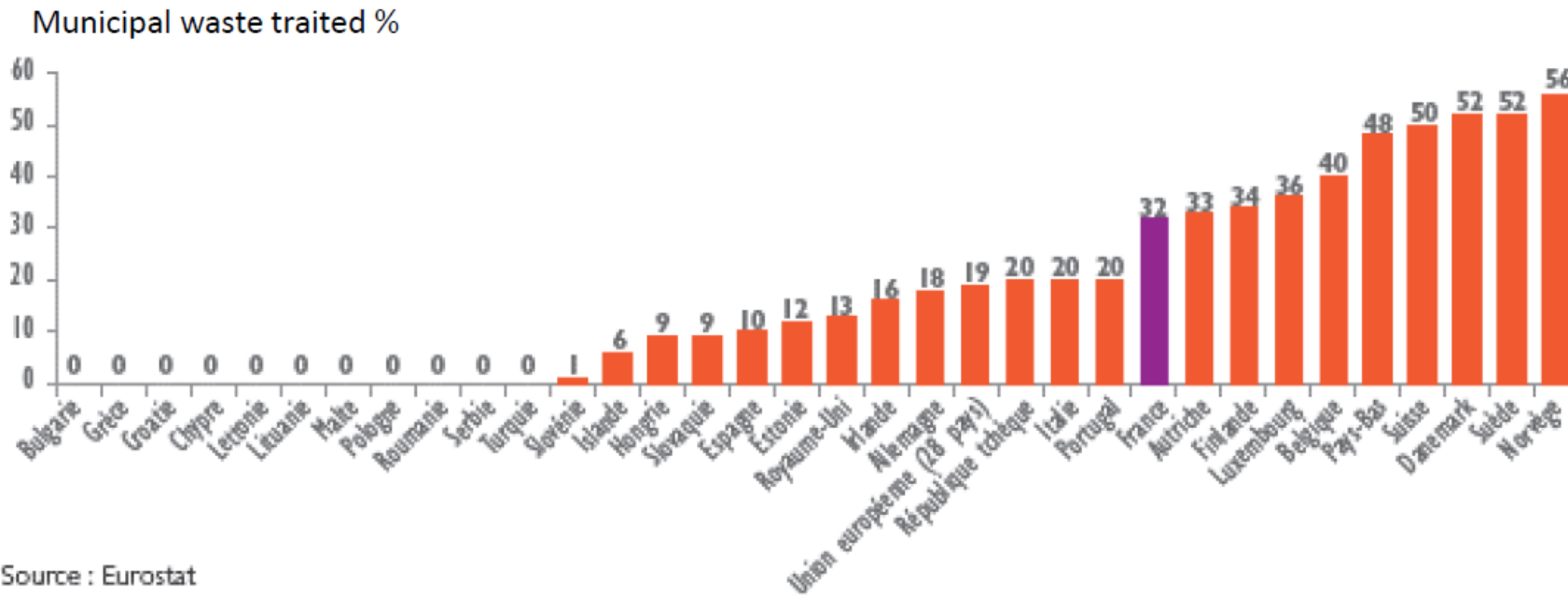
Bio-waste recycling as a percentage of municipal waste in 32 European countries, 2001 and 2010



Ways of recycling



First way of recycling = energy recovery rates of municipal waste in European countries



Source : Eurostat

Ways of recycling



First way = primary energy production with municipal wastes in 2009 and 2010 (ktoe)

	2009	2010*
Germany	2 045,5	2 271,2
France**	1 207,7	1 214,0
Netherlands	774,8	817,0
Sweden	645,6	742,8
Italy	686,0	686,0
United Kingdom	540,6	557,6
Denmark	551,6	534,5
Belgium	236,9	329,4
Spain	319,2	215,5
Austria	171,6	189,2
Finland	133,8	145,4
Portugal	99,0	95,9
Czech Republic	53,6	62,7
Hungary	46,1	46,1
Slovakia	24,7	24,1
Luxembourg	16,7	21,7
Latvia	1,5	8,2
Ireland	5,4	6,4
Slovenia	0,0	2,7
Poland	0,7	1,3
Total EU	7 561,2	7 971,8

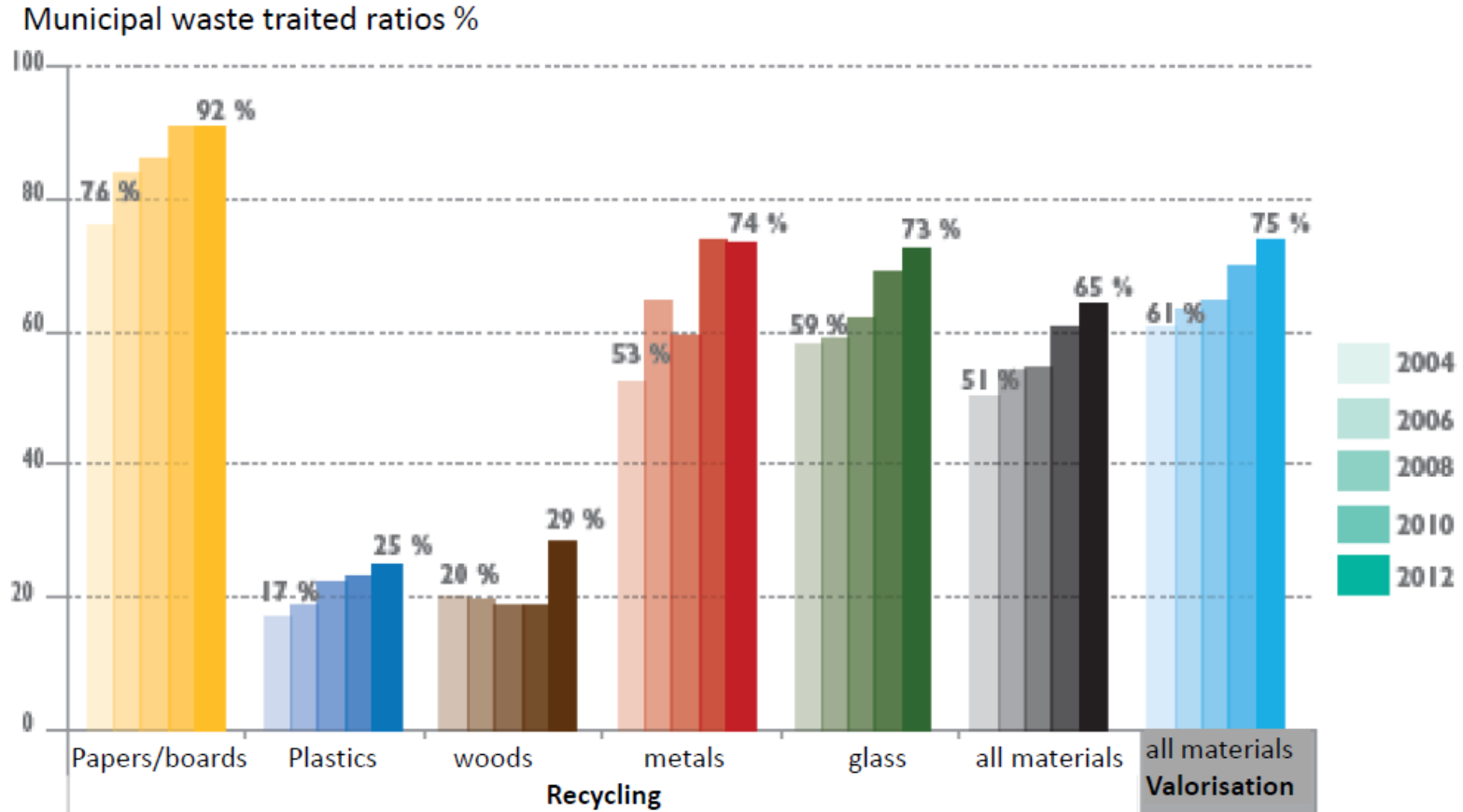
* Estimation. Estimate. ** DOM non inclus. Overseas departments not included.
 - Les décimales sont séparées par une virgule. Decimals are written with a comma. Source: EurObserv'ER 2011

Ways of recycling



Second way = material valorisation

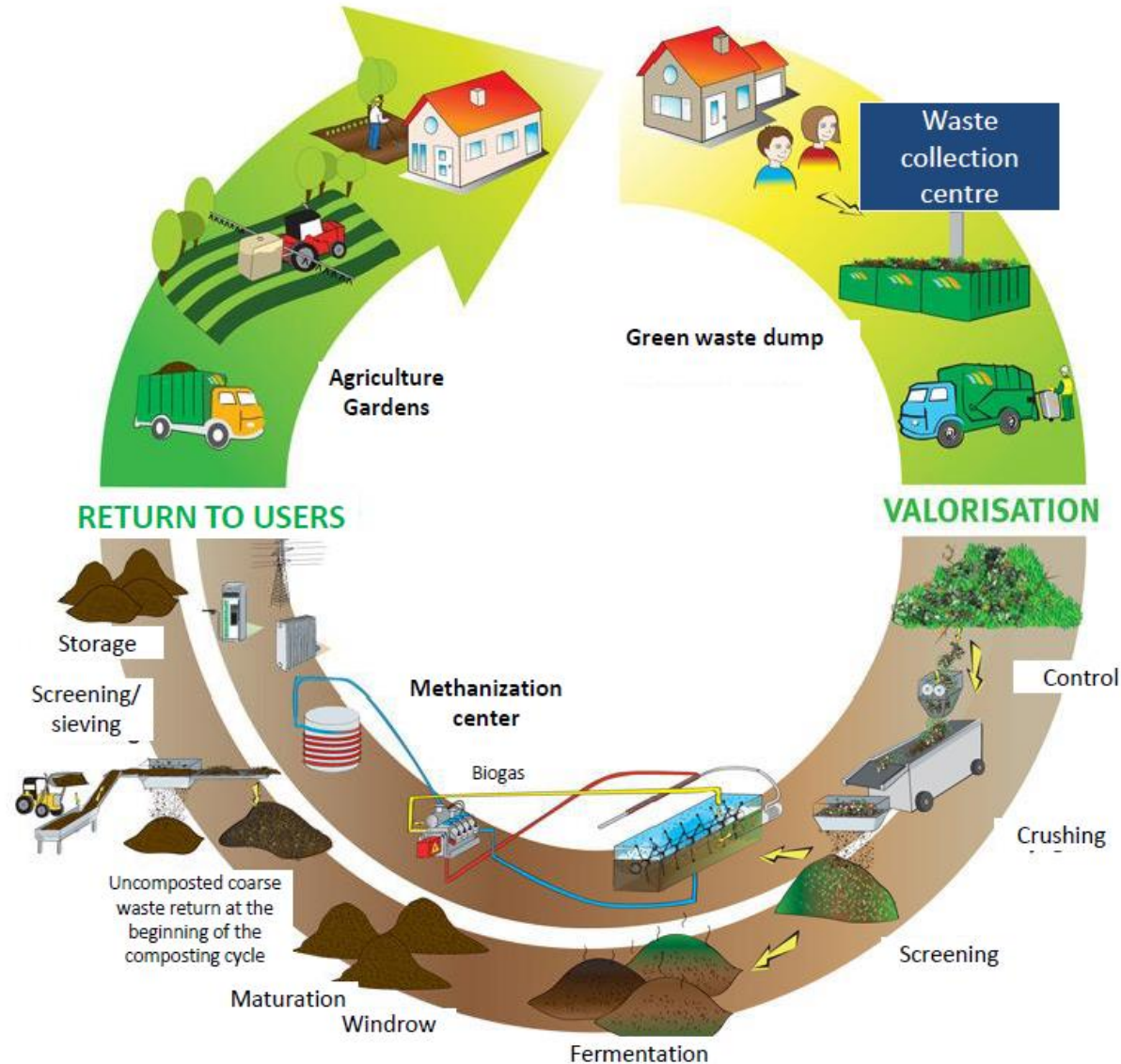
Rate of packaging recycling per material in France 2004 to 2012



Source : Eurostat - Observatoire des filières REP

Ways of recycling

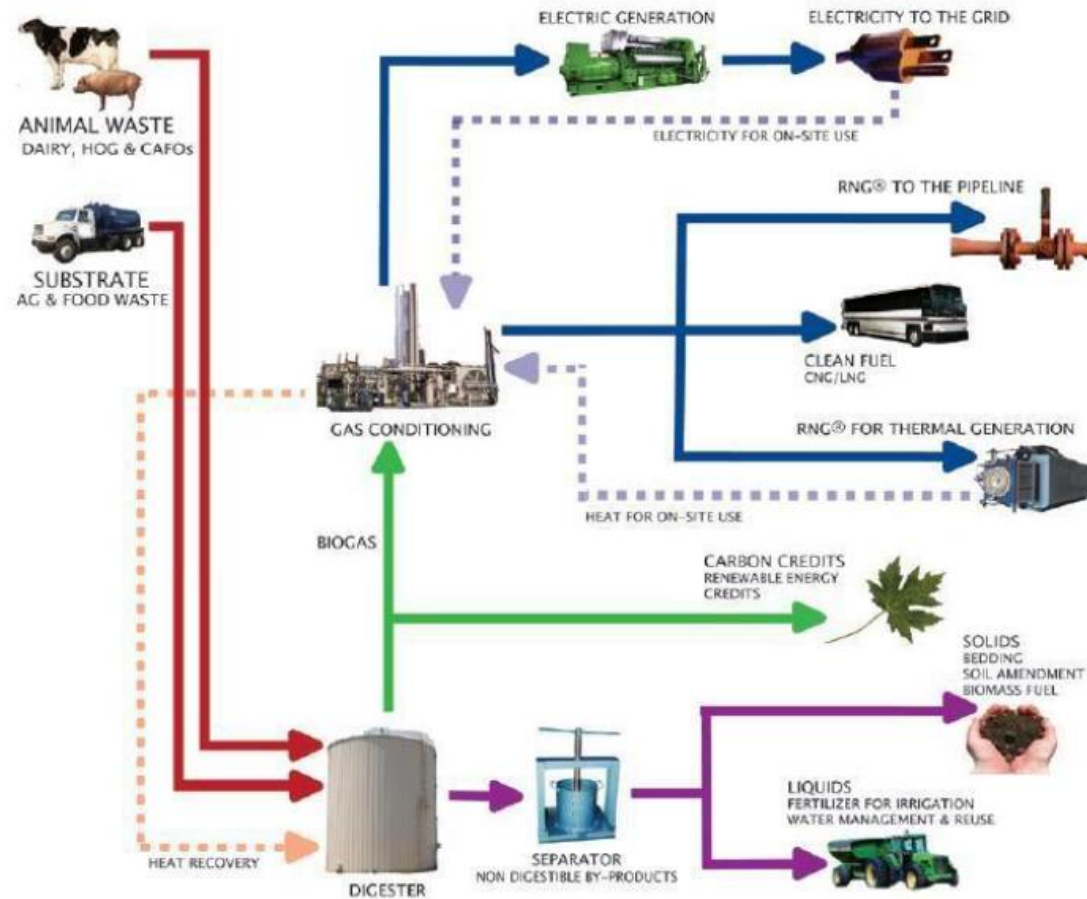
➔ Third way = waste composting process



Ways of recycling



Third way = biogas generation from bio-waste



Biogas production from agriculture and food industry waste slurry. Products are electricity, clean fuel, carbon credits and liquid and solid fertiliser. Source: BIOPACT (<http://www.sswm.info/>)

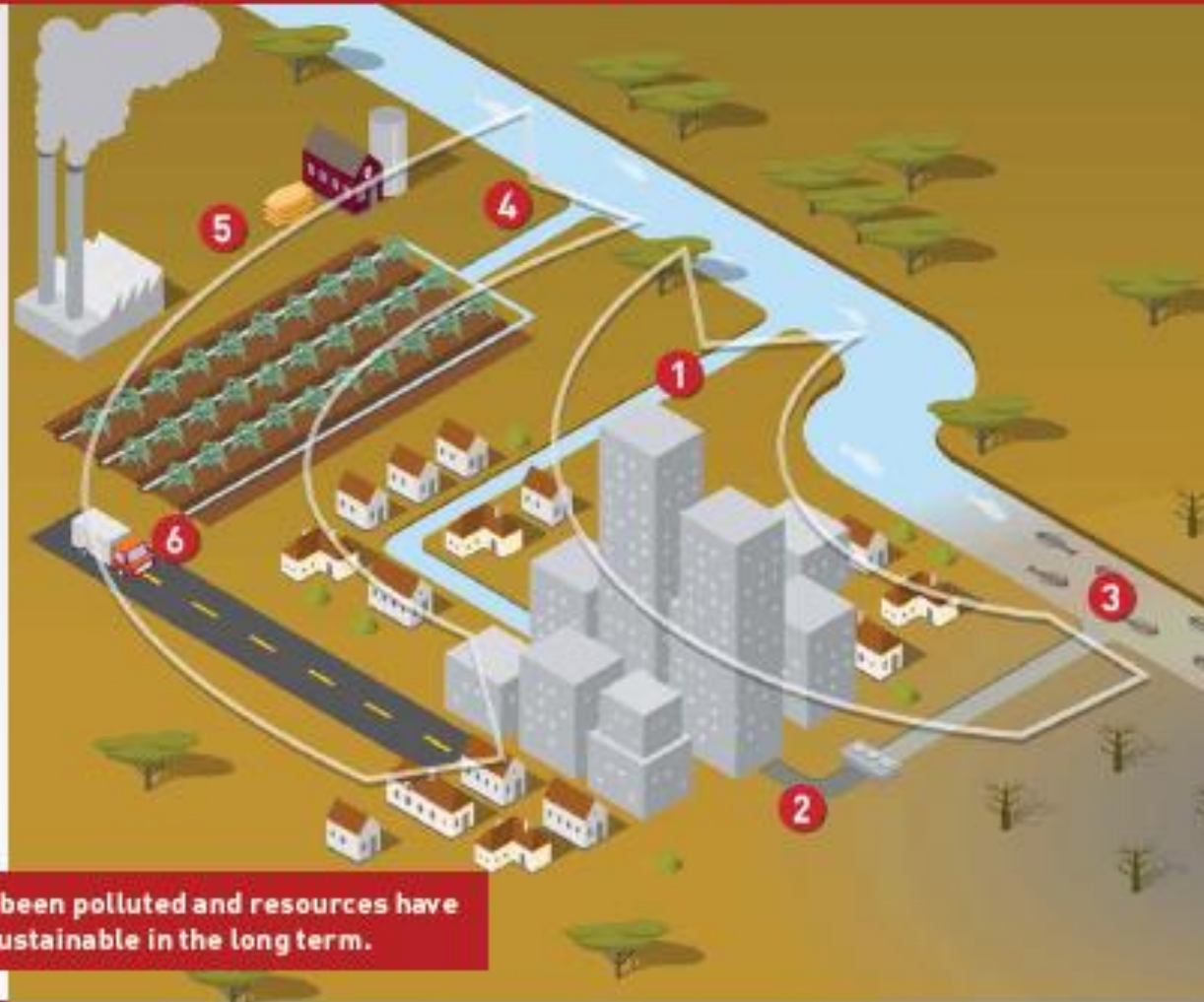
AN EXAMPLE OF LINEAR SOCIETY | INPUT/OUTPUT APPROACH

Input and output water in the city

- 1 Water is used in the city, in households and commercial activities.
- 2 When used, water quality worsens with pathogens and chemicals: it becomes wastewater.
- 3 City's wastewater is disposed back to the river with severe environmental impacts and health risks.

Inputs and outputs in agriculture

- 4 At the same time a peri-urban farm takes its fresh water supply from the closer water source
- 5 And purchases costly mineral fertilizers to provide nutrients for crops.
- 6 With these and other inputs vegetables are produced and then transported and sold in the city.



With this approach, rivers and air have been polluted and resources have been wasted making this practice not sustainable in the long term.

AN EXAMPLE OF RECYCLING SOCIETY | TOWARDS REUSE AND RECYCLING POLICIES



Water is used in the city and re-used in agriculture with benefits for all.

- 1** Instead of being disposed of in the river, the city's wastewater is now treated.
- 2** Harmful contaminants are removed while nutrients are left in to fertilize crops.
- 3** With the right irrigation practices (e.g. drip irrigation) contact between treated wastewater can be prevented to further protect farmers and consumers' health.
- 4** The farm's produce can now be transported and sold in the city.

With this practice water has been reused and nutrients have been recycled; Welcome to the recycling society!

- **5.1. Sociološke vrijednosti**
- Sociološke vrijednosti predstavljaju funkcije na osnovu kojih se ostvaruju odnosi između korisnika i prostora (zelene infrastrukture). Korisnici pronalaze zadovoljstvo u korištenju tih prostora koje se ocjenjuje kvalitetom iskustva, dok je njihovo stvarno korištenje multifunkcionalno.
- Urbano zelenilo pruža mjesta za susrete i poticanje društvenih veze. Oblikuju kulturni identitet područja, urbano zelenilo dio karaktera nekog područja i pruža osjećaj pripadnosti lokalnoj zajednici. To su mjesta na kojima se zbližavaju ljudi različitih dobi i kultura.
- Djeca imaju mogućnosti za zabavu i učenje, jer su zelene površine pogodna mjesta za neformalno učenje o prirodi, ekološkim procesima i procesima okoline. Omogućavaju istraživanja, avanture i otkrića, potiču samostalnost i pospješuju životne vještine. Mogu biti predmet za akademsko obrazovanje, istraživanja studenata i istraživača u području npr. genetike, geologije, biologije, medicine, poljoprivrede, šumarstva. Urbano zelenilo ima potencijal kao mjesto za društvene događaje poput festivala, sajмова i tržnica. Kad zelene površine postanu dio zajednice korisnici imaju emotivnu privrženost prema njim i tada je većina socioloških funkcija ispunjena.
- Mnoge gradske zelene površine slobodno su dostupne svima, bez obzira na socijalni i ekonomski status. Zbog toga oni imaju posebnu ulogu kao mjesta susreta, suprotstavljajući se socijalnoj nepravdi u društvu (Swanwick, Dunnett i Woolley, 2003), osobito ako su dobro održavani i imaju rekreacijske sadržaje (Kazmierczak, 2013).

- 5.2. Zdravstvene vrijednosti

- Urbano zelenilo nudi značajne zdravstvene beneficije kroz odmor i rekreaciju. Pruža okruženje koje može potaknuti fizičku aktivnost u svim dobnim skupinama i okruženjima.
- Urbano zelenilo može imati višestruku rekreacijsku upotrebu što pomaže u održavanju forme štiteći od zdravstvenih problema (hodanje, trčanje, vožnja biciklom, rolanje, nogomet, golf, plivanje, igranje, ribolov, šetnja pasa i mnogi drugi). Pristup visokokvalitetnim javnim zelenim površinama može imati pozitivan utjecaj na javno zdravlje, smanjujući tako zdravstvene troškove i povećavajući kvalitetu života u urbanim područjima. Smirujući učinak obližnjih stabala i gradskog zelenila smanjuje razinu stresa i umora, povećavajući produktivnost i osjećaj zadovoljstva na radnom mjestu. Prirodni elementi poput drveća ili vodenih površina pomažu u smanjenju osjećaja tjeskobe jer stvaraju osjećaj smirenosti te utječu na smanjenje agresije i nasilja.

- Ekološke vrijednosti

- Ekološki značaj urbanog zelenila naziva se još i regulatorna funkcija gradskog zelenila, koja se odnosi na sposobnost poluprirodnih ekosustava za regulaciju važnih ekološki procesa i održivih ekosustava, što doprinosi održavanju zdravih urbanih sredina pružanjem čistog zraka, vode i tla. Urbano zelenilo čini urbanu klimu pogodnijom. Prisutnost zelenila preduvjet je održivog razvoja koji zadovoljava potrebe današnjih generacija bez ugrožavanja mogućnosti budućih generacija da zadovolje vlastite potrebe.
- Krošnje drveća i grmlje prvo apsorbira dio sunčevog zračenja, a zatim stvara hladovinu u prostoru gdje se nalaze. Pozitivan učinak proporcionalan je veličini površine koju vegetacija zauzima. Prema provedenom istraživanju pod malom skupinom stabala, prosječna dnevna temperatura niža je za 0,7 - 1,3 °C u odnosu na područja bez prisutnosti vegetacije. U nekim je slučajevima utvrđeno da je temperatura zraka gotovo 7 °C niža tamo gdje vegetacija pokriva 50% površine u odnosu na područja gdje vegetacija pokriva samo 15%. Može se zaključiti da prosječni pad temperature doseže vrijednost od 10 do 12%.
- Također vegetacija ublažava ljetne temperature evapotranspiracijom, povećavajući relativnu vlažnost. Zelene površine utječu na razmjenu zračnih masa zamjenom toplijeg zraka hladnijim, svježim zrakom iz okoliša ako pored naselja postoje šume ili bilo koja kategorija prigradskih zelenih površina. Pozitivno utječe na smanjenje snage i brzine vjetrova (vjetrovke). Kada se drveće i grmlje grupiraju u gusti zeleni masiv, pa čak i u slučaju pojedinačnih stabala, zaštita od vjetrova može biti vrlo važna. Tako površina prekrivena sa samo 10% stabala može smanjiti brzinu vjetrova za 10% - 20%. Čak i u zimski mjesecima, drveće može smanjiti brzinu vjetrova za 50% - 90% ljetnih vrijednosti.

- Ima barijersku funkciju, tj. prigušuje zvuk, smanjujući tako gradsku razinu buke za 5% - 10%. odnosno djeluju kao tampon zone između dijelova grada. Dodatno sprječava prašnjavu i suhu mikroklimu, a pretvaranje ugljičnog dioksida (CO_2) u kisik (O) od vitalnog je značaja za opstanak. Dakle, da bi se proizvelo dovoljno kisika za jednog stanovnika u centru grada, potrebno je 30 do 40 m^2 po stanovniku zelenog prostora.
- Također, drveće zadržava onečišćujuće tvari u većem broju, u prosjeku 37% njihove ukupne količine u zraku. Dakle, ulice s drvoredima imaju 3 do 4 puta manje čestica prašine od ulica bez drvoreda.
- Troškovi upravljanja oborinskim vodama uzrokovanim velikim nepropusnim površinama u gradovima mogu se smanjiti povećanjem količine zelenih površina (Harnik i Welle, 2009). Vegetacija može apsorbirati, skladištiti i evapotranspirirati vodu brzinom koja raste s povećanjem stabla odnosno krošnje (Dwyer i Miller, 1999).



Slika 9: Značaj drvoreda u snižavanju temperature

Izvor: (<https://act.gp/2ErSI3b>)

- **Biološke vrijednosti**

- Velika biološka raznolikost vrsta održava ekosustav stabilnim koji može pružiti mnoge usluge. Planeri urbanog prostora imaju važnu ulogu u stvaranju i planiranju zelenih površina visoke kvalitete, dovoljne veličine i koherentnosti (Millard, 2008). Kao rezultat smanjene biološke raznolikosti i gubitka staništa, oprašivači poput pčela opadaju, riskirajući velike ekološke i ekonomske gubitke (Potts i sur., 2010).
- Urbana vegetacija poput zelenih krovova može biti stanište mnogih insekata, pauka i ljekovitih biljaka. Još jedna vrlo važna vrijednost gradskog zelenila je očuvanje lokalne prirodne i kulturne baštine, jer na lokalnoj razini pruža stanište raznolikoj urbanoj flori i fauni (poput ptica i insekata). Tla pod vegetacijom mogu sadržavati veću raznolikost mikroba, poput mikoriznih gljiva koje su korisne za drveće i druge biljne vrste. Vrste flore i faune koje se obično nalaze u urbanim područjima mogu obuhvaćati vrste prilagođene urbanom životu, kao i vrste koje nisu tipične za konvencionalna urbana područja zbog značajno različitih ekosustava koji obuhvaćaju gradska područja.
- Također, biološka vrijednost zelenih površina uključuje međusobnu povezanost, distribuciju pojedinih biljnih vrsta i potrebu da svi pojedinci umjetno stvorenih zajednica imaju jednak pristup svim potrebnim resursima.
- Velika biološka raznolikost također uključuje još nepoznate socijalne i pedagoške usluge, funkcije i vrijednosti (Miller i Hobbs, 2001)

- Estetske vrijednosti

- Malo se stvari može usporediti s estetskim učinkom i sezonskom dinamikom koje drveće nudi u urbanom okruženju. Omogućuju ogromnu vizualnu privlačnost na bilo kojem području i mogu značajno poboljšati dizajn uličnog krajolika. Zelene površine mogu povećati privlačnost urbanih područja za stanovnike i posjetitelje, pružajući mogućnosti za bolju kvalitetu života u smislu npr. sigurnost, sudjelovanje, socijalna interakcija i atraktivno okruženje za život i rad.
- Elementi zelenog grada mogu doprinijeti sigurnijem društvu s manje negativnog društvenog ponašanja i većom percipiranom osobnom sigurnošću (Kuo i sur., 1998).
- Šumska vegetacija jedna je od najcjenjenijih dijelova zelene infrastrukture zbog svoje estetike, veličine i usluga koje pruža. Vegetacija uz ulice i ceste općenito doprinosi sigurnijem prometnom okruženju. No, budući da se drveće na cestama smatra prometnom opasnošću, istraživanje sigurnijeg zelenog cestovnog okoliša usredotočilo se na druge elemente (Mok, Landphair i Naderi, 2006). U isto vrijeme, drveće ima pozitivne učinke na ponašanje vozača (Dumbaugh i Gattis, 2005). Vozači automobila percipiraju ulice s drvećem kao sigurnije i drže niže brzine tamo (Rosenblatt, Kweon i Maghelal, 2008), a istovremeno se osjećaju manje frustriranim (Cackowski i Nasar, 2003).

- **Ekonomске vrijednosti**

- Još jedna od funkcija urbanog zelenila jest ekonomski značaj. Stručnjaci za nekretnine kažu kako stabla oko stambenih i poslovnih zgrada mogu povećati vrijednost za čak 23 posto. Također mogu smanjiti troškove hlađenja kuća ili zgrada, a njihova sposobnost apsorpiranja i skladištenja ugljičnog dioksida čini ih glavnom investicijom. Prema američkoj službi za šume, ta vrijednost može u prosjeku iznositi 2500 dolara po stablu u urbanim područjima. Urbani zeleni prostor može imati dugoročne pozitivne učinke na gospodarstvo, ali također može stvoriti izravnije ekonomske koristi i vrijednosti kroz npr. povećana vrijednost imovine, spremnost plaćanja robe, urbana poljoprivreda i brendiranje grada.
- Koncept ukupne ekonomske vrijednosti okoliša ima svoje temelje u socijalnoj ekonomiji.
- Javna dobra nisu konkurentna, odnosno ako ih koristi jedna osoba, to ne sprječava istodobnu uporabu istih od strane drugih osoba te se ne mogu nikome uskratiti. Na temelju toga urbano zelenilo nudi blagodati koje se ne mogu koristiti za osobnu dobit i posljedica toga je da ne postoji konvencionalno tržište za takva područja, što ne znači da nema ekonomsku vrijednost nego da je to teško odrediti. Ekonomska vrijednost urbanog zelenila stoga je zbroj vrijednosti koje ljudi, pojedinačno ili kolektivno pripisuju prirodi.
- Ekonomska vrijednost proizlazi iz estetskog, ekološkog, sociološkog i ekonomskog dobra koje urbano zelenilo daje društvu i vidi se po intenzitetu s kojim pojedinci preferiraju ta dobra u odnosu na drugo.

- Ekonomska vrijednost urbanog zelenila može se svrstati u tri kategorije:
- 1. izravno (npr. rekreacija - plaćanje sportskih sadržaja)
- 2. neizravne koristi (npr. Zdravlje, sprečavanje kriminala ili poslovne aktivnosti) i
- 3. neiskorišteno ili vrijednosti koje ne ostavljaju trag u ponašanju (simbolično vrijednosti).
- Postoje tri osnovne metode koje se koriste za procjenu ekonomske vrijednosti urbanog zelenila, a to su:
- 1. slučajna procjena (izravno ispitivanje korisnika o njihovoj spremnosti plaćanja za narudžbu ili poboljšanje gradskog zelenila)
- 2. hedonističke cijene (formiranje cijena nekretnina na temelju blizine zelene površine)
- 3. putni troškovi (ujednačavaju ekonomsku vrijednost gradskog zelenog prostora s količinom novca i vremenom potrebnim za dolazak).
- Ispravno raspoređena stabla mogu smanjiti troškove grijanja i hlađenja za 10% do prosječno 20%, 15 godina nakon podizanja zelene površine. Drveće posađeno izravno uz zgrade mogu ljeti smanjiti troškove hlađenja za 40%. Vrijednost stambenog i poslovnog
- 19
- prostora s okolnim zelenilom veća je od 5% - 7% do 20% vrijednosti nekretnina bez zelenila. Potrošači su spremni putovati dalje, zadržavati se duže, češće posjećivati i plaćati
- više parking u poslovnim centrima/objektima okruženim zelenilom. Potrošači su u
- poslovnom smislu u prosjeku više vrednovali robu za 11% područja/centri gdje postoje zelene površine.

Table 1 – Urban agriculture: summary of environmental benefits

Reported benefits	Reported limitations
Local ecosystem services	
<ul style="list-style-type: none"> • Increased biodiversity • Habitat for pollinators • Reduction in 'urban heat island effect' • Increased rainwater drainage, reducing risk of flooding, ground water contamination and groundwater depletion • Recycling of organic waste 	<ul style="list-style-type: none"> • Soil management, irrigation and fertilizer use practices by UA growers may not be ecologically sound
Climate change mitigation	
<ul style="list-style-type: none"> • Potential reduction in greenhouse gas (GHG) emissions • Carbon sequestration by vegetation and crops • Potentially reduced energy and resource inputs using some technological UA operations • Adds to collective memory of food production and protects urban green spaces reinforcing cities' capacity to produce food in times of crisis 	<ul style="list-style-type: none"> • If plants are grown in energy or resource-intensive locations, this may increase GHG emissions • Small-scale, fragmented UA may be less efficient in resource use and transport emissions than conventional agriculture • If UA became ubiquitous in cities, it could reduce population density, requiring more driving and greenhouse gas emissions than the current system.

Source: Adapted from: Santo et al., 2016.

- Ekološka ograničenja UP:
- praznine u istraživanjima u vezi s praksom urbane poljoprivrede (kao što je održivost upravljanja štetočinama prakse);
- potencijalni gubitak ekonomije obima povezan sa većim proizvodnim sistemima;
- utjecaj na emisije stakleničkih plinova i upotrebu vode ako se biljke uzgajaju na primjer više energetske i resursno intenzivni objekti poput zatvorenih / vertikalnih farmi, staklenika ili hidroponske farme;
- ekološka održivost umjetno osvjetljenih vertikalnih farmi u staklenicima u poređenju sa postavljanjem solarnih panela za energiju

- Sažetak mogućih ograničenja sa kojima se suočava urbana poljoprivreda
- Ekonomski
- Potencijalni uticaj na vrijednosti imovine i raseljavanje marginaliziranih stanovnika sa niskim primanjima
- Ranjivost vrtova u zajednici na ponovni razvoj
- Konkurencija u upotrebi drugih zgrada, poput krovnih solarnih sistema
- Ekonomska održivost (npr. Visoki kapitalni troškovi velikih krovnih plastenika)
- Zavisnost od javnih sredstava, grantova, donacija itd.
- Profitabilnost i finansiranje
- Društveni ciljevi nasuprot profitabilnosti - potreba za dugoročnom finansijskom podrškom
- Sigurnost hrane i javno zdravlje
- Potencijalni zdravstveni rizici, npr. Zagađenje ili onečišćenje tla
- Potreba za podrškom među stanovnicima gradova da učestvuju u uzgoju hrane
- Potrebni su dokazi o doprinosu vertikalne poljoprivrede sigurnosti hrane
- Socijalna
- Dodatna stručnost i resursi potrebni za zadovoljavanje potreba za obrazovanjem i vještinama marginalizovanih učesnika
- Ko ima koristi?
- Potencijalno preklapajući ciljevi.

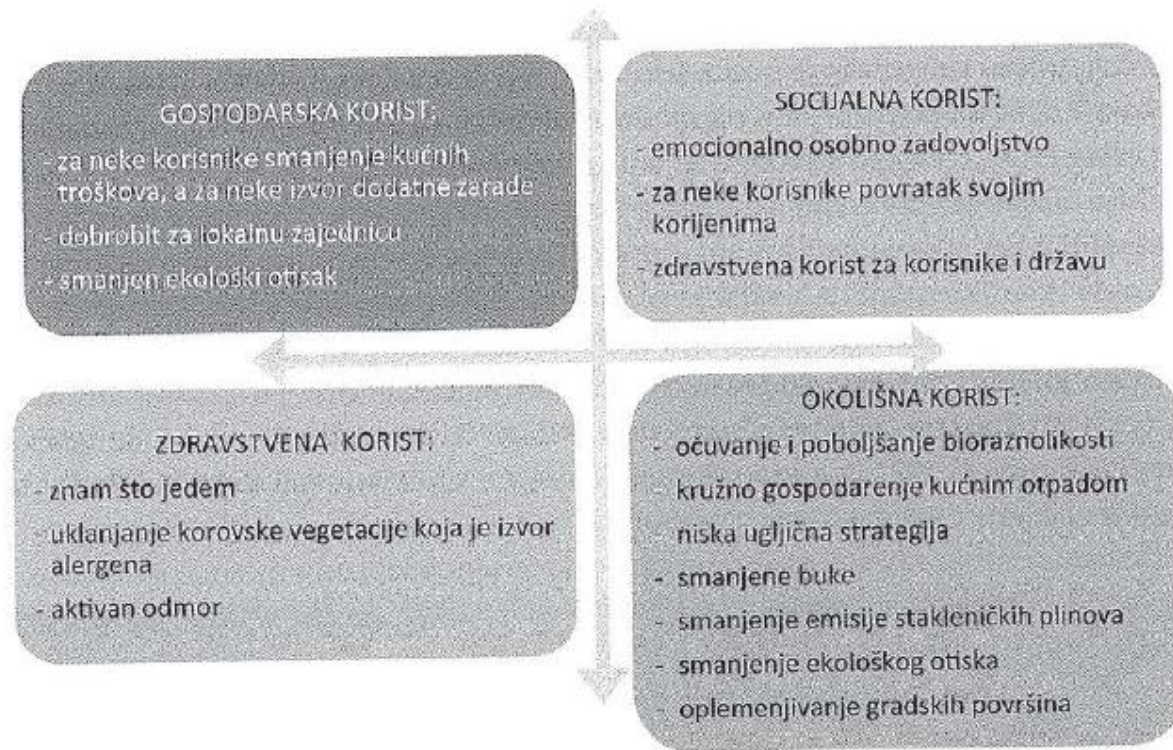
- Ekološke blagodati urbane poljoprivrede: Ublažavanje efekta toplotnih otoka
- Prema EPA-u, „Termin,, toplotni otok “opisuje izgrađena područja vruća od obližnjih ruralnih područja ... Toplinski otoci mogu utjecati na zajednice povećanjem ljetne najveće potražnje za energijom, troškova klimatizacije, zagađenja zraka i emisije stakleničkih plinova, povezanih s toplinom bolesti i mortaliteta i kvaliteta vode. ”
- Urbana poljoprivreda može pomoći u smanjenju efekta ostrva toplote. Krovni vrtovi i urbane farme smanjuju apsorpciju topline pločnicima, krovovima i drugim nepropusnim površinama, što je glavni uzrok povišene temperature u urbanim područjima.
- Termalne (gornje) i vegetacije (donje) lokacije oko New Yorka putem infracrvenih satelitskih snimaka. Usporedba slika pokazuje da su tamo gdje je vegetacija gusta temperature hladnije.

- Ekološke blagodati urbane poljoprivrede: Oticanje padavinskih voda
- Korištenjem krovnih vrtova i farmi, kišnih bačvi, kišnih vrtova i prenamjenom praznih parcela, urbana poljoprivreda može pomoći u prevenciji problema uzrokovanih prekomjernim oticanjem oborinskih voda. Prema informativnom listu EPA-e, „najnoviji nacionalni popis kvaliteta vode izvještava da je otjecanje iz urbaniziranih područja vodeći izvor oštećenja kvaliteta vode i treći po veličini izvor oštećenja ispitanih jezera. Otjecanje također dovodi do erozije obala, poplava, zdravstvenih problema i degradacije vodenih staništa.

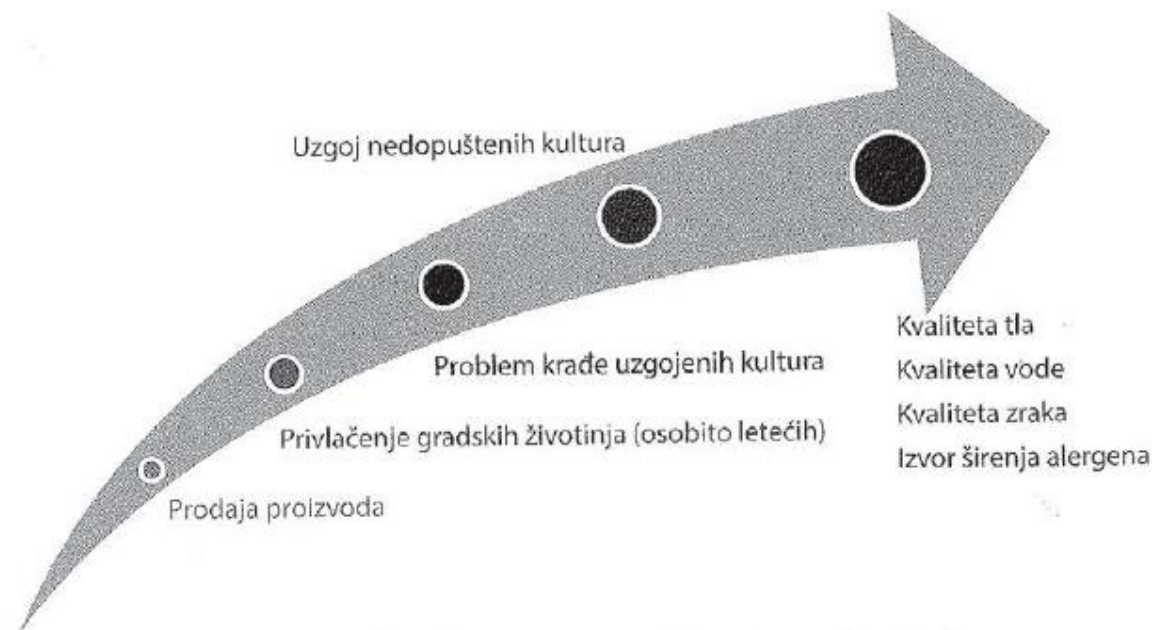
- Prednosti urbane poljoprivrede za životnu sredinu: Zeleni krovovi
- Krovne farme povećavaju energetska efikasnost zgrade ispod i farme iznad. Krovne farme i bašte pomažu u smanjenju efekta toplotnog ostrva, smanjenju oticanja vode i pružaju izlaz za prikupljenu kišnicu što dodatno smanjuje oticanje i zagađenje. Krovne farme mogu biti velike ili male, na otvorenom ili u stakleniku i na bazi tla ili vode.
- Zeleni krovovi koriste se za upravljanje oborinskim vodama i uštedu energije, kao i za estetske prednosti. Zeleni krovovi upijaju oborinsku vodu i vraćaju je u atmosferu isparavanjem i transpiracijom biljaka, dok istovremeno smanjuju urbane temperature ograničavanjem količine struktura koje zadržavaju toplotu. Vegetacija na krovovima također apsorbira veliku količinu zagađivača u vodi prije nego što se ona pusti u atmosferu

- Prednosti urbane poljoprivrede za okoliš: Sakupljanje kišnice
- „Bačva za kišu je spremnik za vodu koji se koristi za sakupljanje i skladištenje kišnice, obično s krovova putem kišnih oluka. Korištenje kišnog bureta smanjuje količinu oborinske vode s krovova koji odlaze sa travnjaka u kanalizacijske sisteme. Upotreba kišnih bačvi može pomoći u smanjenju količine zagađivača koji ulaze u jezera i rijeke. Voda prikupljena u bačvi za kišu može se koristiti za zalijevanje travnjaka i vrtova, pranje automobila, poljoprivredu ili za ostalo mnoštvo potreba za vodom u kući. Bačve za kišu pomažu u očuvanju vode čime se štede novac i prirodni resursi. ”

- Dodatna vegetacija u gradovima smanjuje efekt toplih urbanih otoka tokom ljeta, smanjuje količinu štetnog ugljičnog dioksida i glavno je rješenje za prikupljanje kišnice i čak eliminacije kontaminirane atmosferske vode. Rezultat svega je postizanje održive integracije, urbanizacije i očuvanja prirode kao i stvaranja održivosti okoline. Krovni vrtovi iznad podzemnih parking površina su rješenja koja će vratiti ravnotežu između urbanog razvoja i održive okoline u budućnosti



Slika 108. Izravne i neizravne koristi od gradske poljoprivrede



Slika 109. Problemi koje može prouzročiti gradska poljoprivreda