

# Ukrepi za izboljšanje zalog organskega ogljika v kmetijskih tleh in izkušnje iz dolgoletnih poljedelskih poskusov

Delavnica, 6.10.2022

On behalf of:



Federal Ministry  
for the Environment, Nature Conservation  
and Nuclear Safety

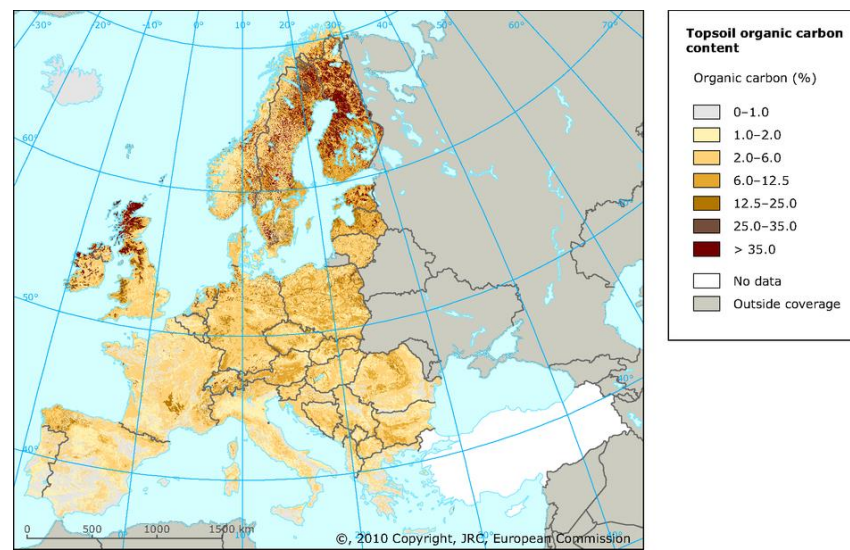


European  
Climate Initiative  
EUKI Academy

Aleš KOLMANIČ, Simon OGRAJŠEK

# Za začetek...

- **Organska snov v tleh** je kompleksna mešanica rastlinskega in živalskega organskega materiala v različnih stopnjah razgradnje, mikrobne biomase ter organskih spojin, ki jih proizvajajo rastline in mikroorganizmi s svojim metabolizmom in delovanjem
- **Organski ogljik v tleh** je sestavni del organske snovi v tleh. Organska snov je sestavljena iz ogljika (55-60 %), preostala masa pa je sestavljena iz vode in drugih hranil.
- **Kaj pa humus?**



# Funkcije organske snovi v tleh?

- Organska snov ima velik vpliv na kemične, biološke in fizikalne karakteristike tal in s tem tudi na različne funkcije tal
- Katere?
- Organska snov v tleh tako igra pomembno vlogo za tla, kmetovalce, družbo, okolje in podnebje!



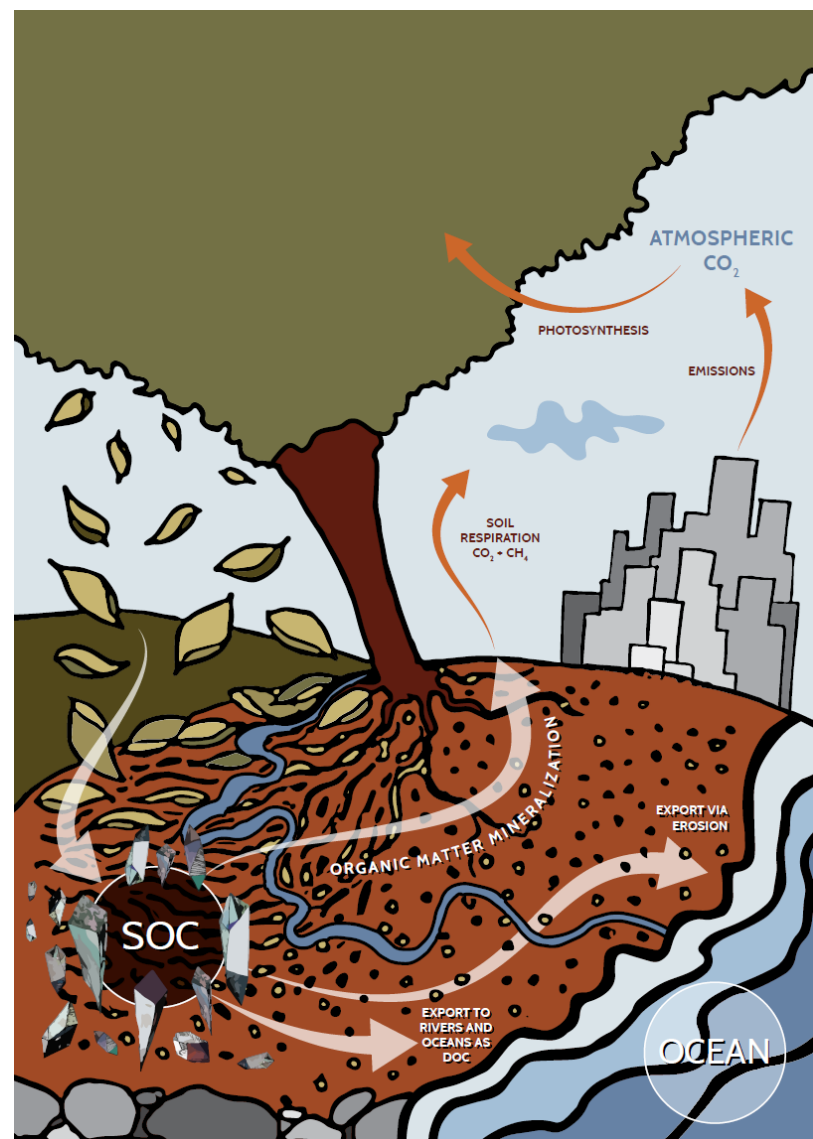
# Organski ogljik v tleh



- Tla vsebujejo več ogljika kot ozračje in kopenska vegetacija skupaj.
- Organski ogljik v tleh je dinamičen.
- Antropogene dejavnosti lahko tla spremenijo v neto ponor ali neto vir toplogrednih plinov.

# Ogljični cikel (poenostavljen)

- Avtotrofni organizmi (predvsem rastline), pa tudi foto- in kemo-avtotrofni mikrobi sintetizirajo atmosferski CO<sub>2</sub> v organski material.
- S transformacijo organskega materiala s heterotrofnimi mikroorganizmi nastaja kompleksna bio-geo-kemična mešanica spojin rastlinskih odpadkov in mikrobnih razkrojnih produktov v različnih stopnjah razgradnje in z različno stopnjo stabilnosti.
- Ko mikroorganizmi razgrajajo (ali mineralizirajo) organsko snov v tleh se ogljik izpusti nazaj v ozračje, obenem pa tudi ostala hranila. Izgubo C lahko povzročijo tudi koreninski izločki, kot je npr. oksalna kislina, ki osvobaja organske spojine iz zaščitnih mineralnih asociacij. Nazadnje se ogljik delno izvaža iz tal v reke in oceane kot raztopljeni organski ogljik ali kot del erozijskega materiala.



# Stabilnost organske snovi/ogljika v tleh

- Glede na stabilnost organske snovi v tleh lahko ločimo:
  - Nestabilna ali aktivna organska snov (mineralizacija velikega deleža biomase in v njej vezanega organskega ogljika v nekaj mesecih do 2 letih)
  - Srednje stabilna organska snov (mikrobno obdelana organska snov, ki je delno stabiliziran na mineralnih površinah in/ali zaščiten znotraj strukturnih agregatov, stabilnost v razponu 10-100 let)
  - Stabilna ali pasivna organska snov (stabilizirana organska snov, vezana na mineralnih površinah in/ali zaščiten znotraj strukturnih agregatov, stabilnost v razponu od 100 do >1 000 let). )



# MINERALIZACIJA?

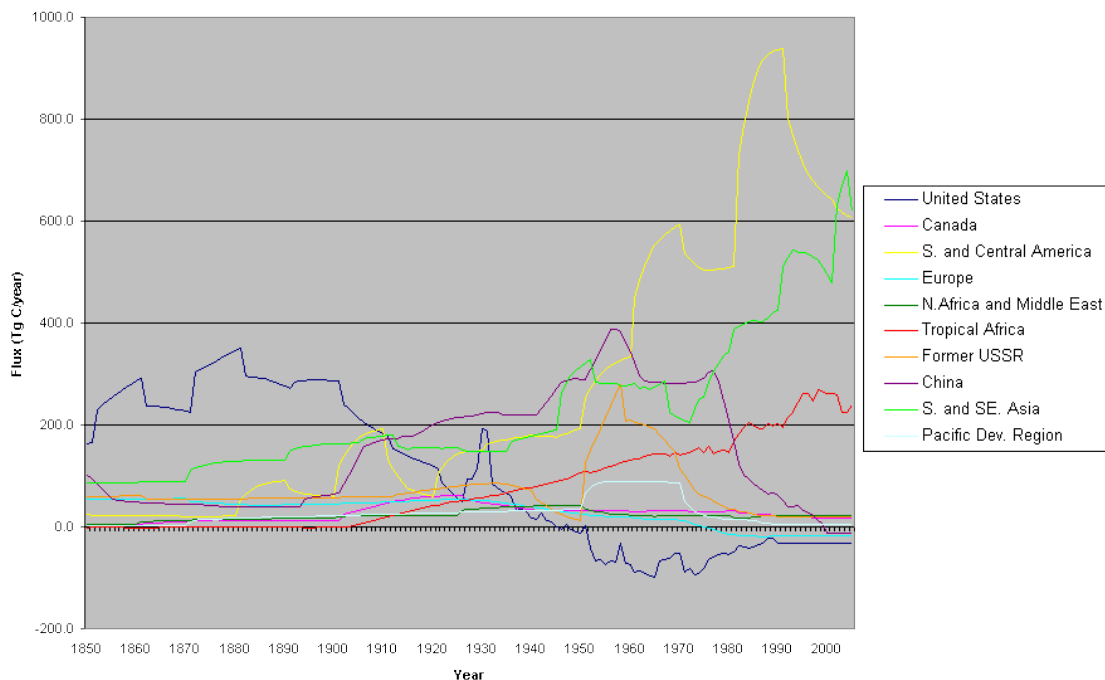
- Izboljšanje zalog organske snovi v tleh zahteva povečane vnose, ne pa upočasnjene razgradnje. „Farming with carbon not for carbon!“
- Mineralizacija organske snovi v tleh je proces, pri katerem se ogljik in hranila, pretvorijo v CO<sub>2</sub> in v rastlinam dostopne oblike.
- Organska snov v tleh ni inertni končni produkt kroženja, temveč snov v vseh stopnjah razgradnje in biološke preoblikovanja.
- Mineralizacijo organske snovi za namene kmetijstva izkoriščamo že od začetkov pridelave hrane.
- Čeprav je to del naravnega cikla in pomemben vir hranil za rastline, pretirano ponavljanje tega cikla vodi do zmanjšanje vsebnosti organske snovi v tleh.



# Zaloge v kmetijskih tleh?

- Znanstveniki se strinjajo, da je sprememba rabe tal in pokrovnosti tal drugi največji antropogeni vir emisij ogljika v ozračje takoj za emisijami iz izgorevanja fosilnih goriv (Scharlemann et al. 2014).
- Ocena sposobnost ponora ogljika svetovnih kmetijskih in degradiranih tal je 50 do 66 % od ocene zgodovinske izgube ogljika 42 do 78 gigaton ogljika.

Annual Net Flux of Carbon to the Atmosphere from Land-Use Change: 1850-2005 (Houghton)





# Izboljšanje zalog organskega ogljika v tleh?

- Znanstveniki so ocenili, da bi kmetijska tla lahko vsako leto zasegla več kot milijardo dodatnih ton ogljika (Paustain et al., 2019)
- Oblikovalci politik gledajo na sekvestracijo ogljika v tleh kot na tehnologijo »negativnih emisij«, odstranjevanje CO<sub>2</sub> iz zraka in shranjevanje na mestu, kjer je dolgotrajno stabilen (tla) WIN-WIN scenarij (National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, 2019, Andrés et al. ,2022)
- Povečanje zalog ogljika v tleh za 1 tona na degradiranih tleh lahko poveča pridelek za 20 do 40 kilogramov na hektar (kg/ha) za pšenico, 10 do 20 kg/ha za koruzo. Sekvestracija ogljika ima potencial za izravnavo emisij fosilnih goriv za 0,4 do 1,2 gigaton ogljika na leto ali 5 do 15 % svetovnih emisij fosilnih goriv (Lal, 2004).
- V EU so se emisije TPG iz kmetijstva od leta 1990 do 2018 zmanjšale za 108 Mt CO<sub>2</sub>-eq, od 2005 je stopnja emisij stabilna. Doseganje nadaljnjega znatnega zmanjšanja emisij toplogrednih plinov bo zahtevalo pomembne spremembe v kmetijskih praksah in politikah (Andrés et al. ,2022)

# Izboljšanje zalog organskega ogljika v tleh - EVROPA?

- Za EU vse simulacije napovedujejo splošno povečanje zalog ogljika v tleh EU. Zmanjšanja zalog SOC v sredozemskih državah, se bo kompenzirala z kopičenjem SOC v drugih, zlasti na Irskem, v Franciji in Nemčiji.
- Organski ogljik v tleh je neenakomerno porazdeljen po Evropi, vsebnost ogljika se zmanjšuje od severovzhoda proti jugozahodu.
- Vsebnost organskega ogljika v tleh je odvisna tudi od pokrovnosti tal, z najnižjimi vrednostmi na površinsko enoto v trajnih nasadih in njivah.
- 31,7 % vseh zalog SOC v EU je v kmetijskih tleh (9,3 % na travinju in 21,4 % na njivah). Glede na ocene zalog ogljika to predstavlja med 10,7 in 23,7 milijarde ton SOC.
- 20 do 25 % evropskega SOC je shranjenega v šotiščih, čeprav pokrivajo le 6 % ozemlja EU 27. Ko so nedotaknjena, šotišča delujejo kot ponori ogljika. Ko se razgradi ali izsuši za kmetijsko uporabo so močni neto onesnaževalci toplogrednih plinov

# Ampak...

- Da bi v celoti izkoristili sekvestracijo v tleh kot podnebno rešitev, bi morali mnogi od njih spremeniti način kmetovanja, zdaj in še vsaj sto let v prihodnosti. To je velik družbeni in gospodarski izziv, strokovnjaki pa trenutno razpravljajo o tem, koliko dolgoročno sekvestriranega ogljika v tla je res mogoče shraniti, s katero tehnologijo, kateri monitoring itd.
- **Podnebne spremembe otežujejo shranjevanje ogljika v tleh.** Npr., segrevanje planeta bi lahko povzročilo razširjene izgube ogljika v tleh s pospešenim razpadanjem organske snovi v tleh. To že vidimo na Arktiki, ko se permafrost ali trajno zmrznjena tla odmrznejo. To sproščanje CO<sub>2</sub> v ozračje bi lahko postalo povratna zanka, ki se sama krepi, kjer izgubljeni ogljik v tleh segreva Zemljo, zaradi česar tla sproščajo še več ogljika.
- Tudi po najbolj optimalnih scenarijih sekvestracija ogljika v tleh ne more vzeti ogljika iz ozračja tako hitro, kot ga trenutno dodajamo. Kmetijstvo je le del zgodbe! Pomembno je tudi zavedanje, da je ta ogljik le začasno odstranjen!

# Ampak...

- Stopnja sekvestracije organskega ogljika v tleh s sprejetjem priporočenih tehnologij je odvisna od:
  - že obstoječih zalog ogljika v tleh,
  - od teksture in strukture tal,
  - količine padavin in temperature (klima)
- Potencial za sekvestracijo ogljika je največji v polsušnih in sušnih regijah srednje in mediteranske Evrope, saj so tla tam osiromašena z ogljikom, a je zaradi klime in tipa tal zaloge tam najtežje povečati.
- Ohraniti je treba bogate zaloge ogljika v tleh severnih območij, da bi obrnili sedanje emisije CO<sub>2</sub> v ozračje, ki so zelo pogosto posledica izsuševanja šotišč za pridelavo in pašo oz. za druge namene. Ogrevanje tal pospešuje izgube!

# Kmetijske prakse pomembno vplivajo na zaloge organskega ogljika v tleh!

## KOLOBAR!

- prekritost tal z živimi rastlinami preko celega leta.
- vključevanje leguminoz (kot samostojne posevke ali mešanice z drugimi vrstami)
- Preprečevanje erozije tal

# Factors denominating the organic matter loss/gain through the crops (kg **Humus-C**/ha/year)

	Site group					
	1	2	3	4	5	6
<b>Main crops</b>						
Root crops: beets*, potatoes	-510	-610	-710	-660	-760	-900
Maize: silage corn and grain maize*	-310	-410	-510	-460	-560	-700
Cereals*, oilseeds, fibre plants*, sunflower*	-30	-130	-230	-180	-280	-420
Grain legumes	410	310	210	260	160	20
<b>Fodder legumes*</b>						
<b>Clover, clover grass, alfalfa</b>						
Per main year	850	750	650	700	600	460
In the first year, if seeded in spring	650	550	450	500	400	260
In the first year, if seeded undersown	450	350	250	300	200	60
In the first year, if seeded in summer	350	250	150	200	100	-40
<b>Cover crops*</b>						
Winter cover crops	370	270	170	220	120	-20
Frost-killed cover crops	330	230	130	180	80	-60
Undersown	450	350	250	300	200	60

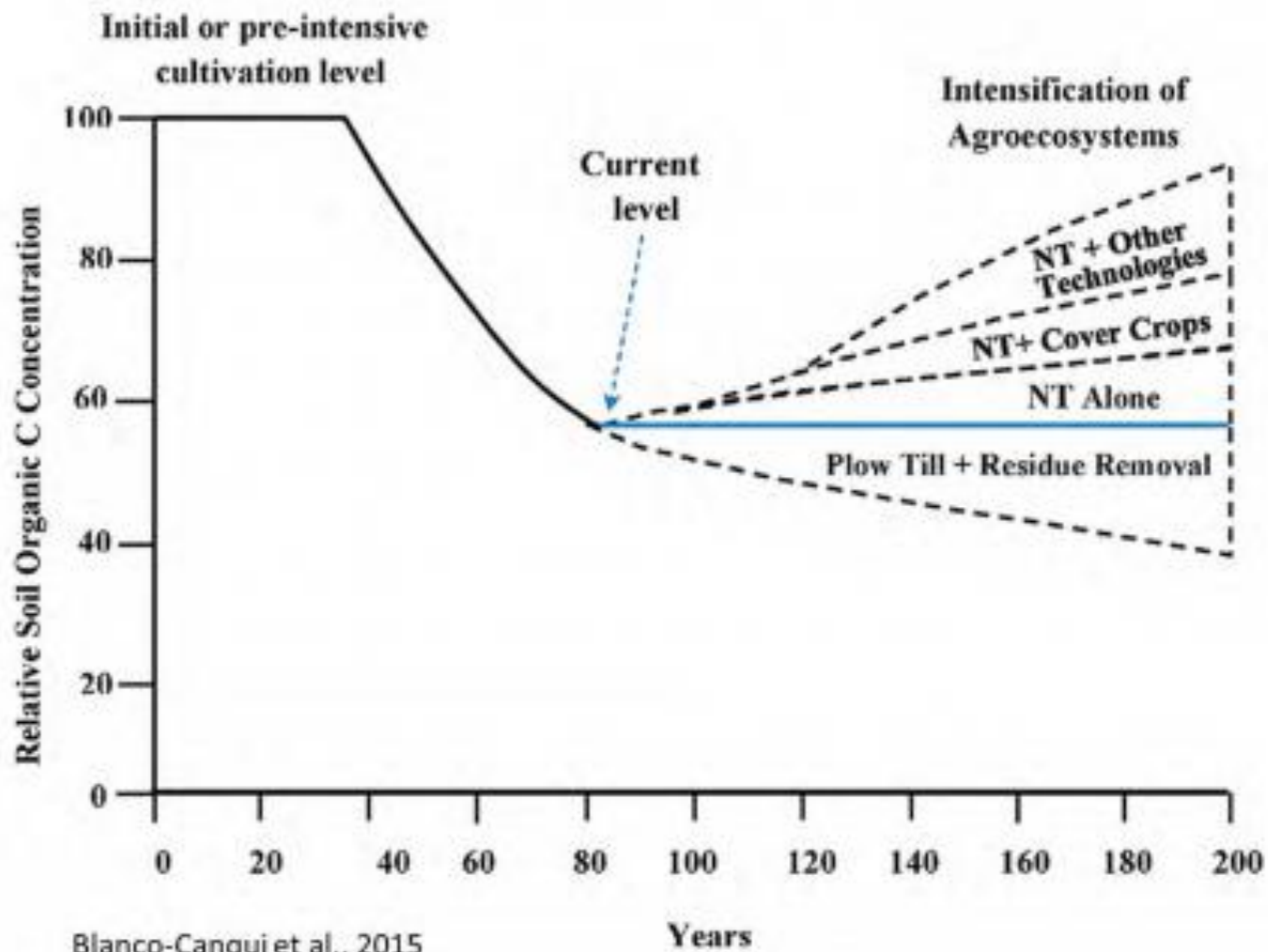
\* Straw of cereals, maize, sunflower, oilseeds and fibre plants, beet leaves and biomass of fodder legumes and cover crops is calculated as an additional organic fertilizer, if it stays on the field.

Source: adapted from KOLBE (2007)

# Kmetijske prakse pomembno vplivajo na zaloge organskega ogljika v tleh!

## OBDELAVA TAL:

- Zmanjšanje intenzivnosti obdelave tal zmanjšuje mineralizacijo organske snovi, obenem pa s koncentracijo rastlinskih ostankov blizu površine povečuje zaloge ogljika v zgornjem sloju tal
- Zmanjšanje intenzivnosti obdelave obenem zmanjša stroške energije in emisije toplogrednih plinov ter zmanjša erozijo tal, a obenem so tudi pridelki nekoliko manjši!
- Zmanjša erozije tal!



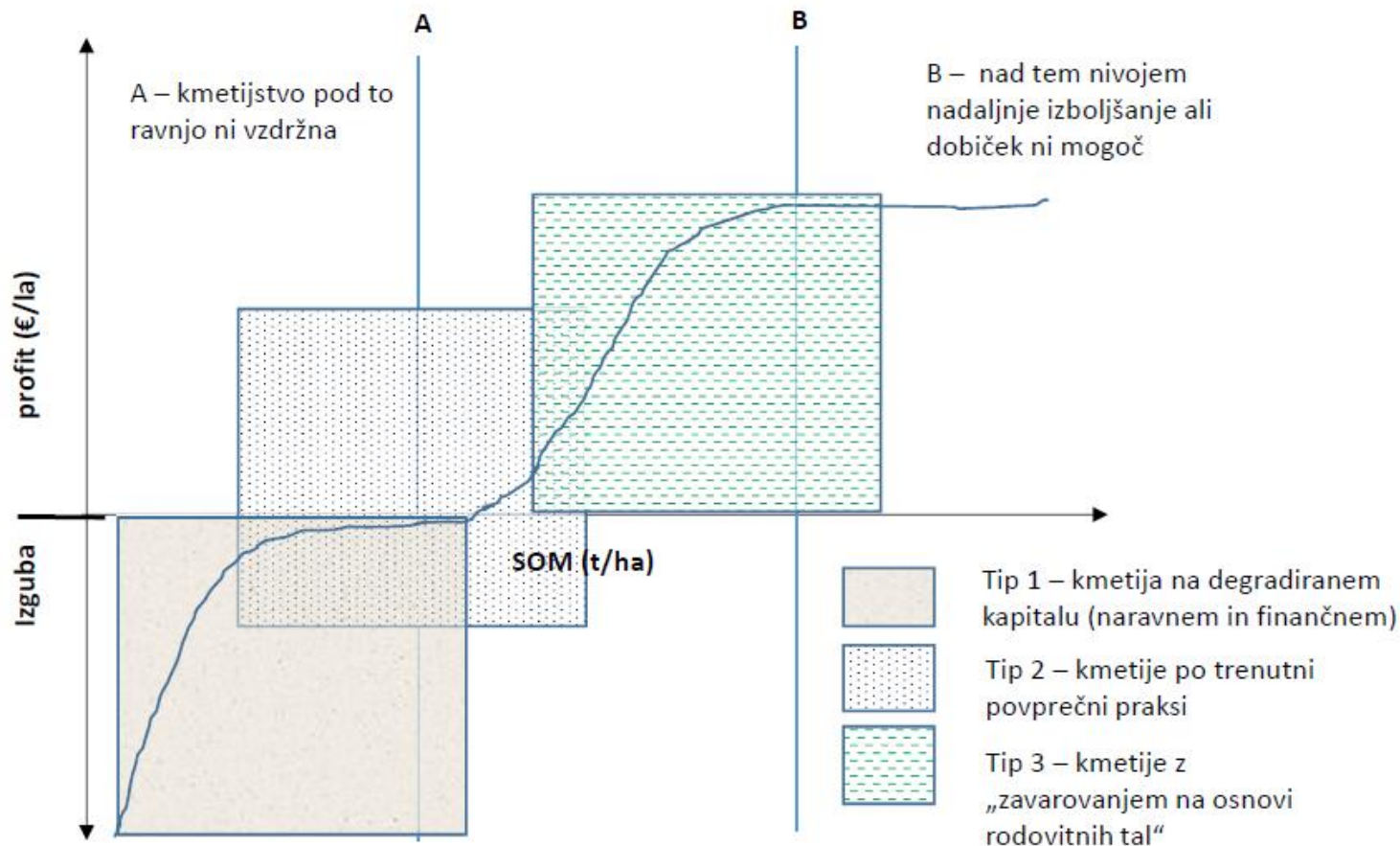
Blanco-Canqui et al., 2015



Ohranitveno/regenerativno kmetijstvo izboljšuje zdravje tal, predvsem s postopki, ki povečujejo organsko snov v tleh.

Regenerative Agriculture Initiative, CSU Chico, and the Carbon Underground, "What Is Regenerative Agriculture?" February 2017.

**Organska snov v tleh (SOM) je kot valuta; = vgrajena energija, ki poganja ekonomsko varno, trajnostno proizvodnjo**



# Kmetijske prakse pomembno vplivajo na zaloge organskega ogljika v tleh!

## VNOS ORGANSKE SNOVI

- žetveni ostanki
- organska gnojila
- kompost
- cut-and carry sistem (koncentrirana biomasa)
- bioogljje

**PRILAGOJENO GNOJENJE Z N IZ MINERALNIH GNOJIL!**

# Addition of organic matter

Kind of organic material	Average dry matter content (% of fresh matter FM) *	Annual addition (average of crop rotation (t FM/ha/year)	Organic carbon / humus coefficients (kg C/t FM)
Straw	86	up to 3	83
		3 - 6	68
		> 6	41
Manure	25	up to 10	33
		10 - 20	26
		> 20	23
Manure compost	55	up to 10	92
		10 - 20	74
		> 20	58
Liquid manure (cattle)	7	up to 25	8,6
		> 25	8,1
Liquid manure (pigs)	8	up to 25	6,5
		> 25	5,8
Biowaste compost (mature)	60	up to 10	90
		10 - 20	75
		> 20	60
Green manure / catch crops	10	up to 10	5,5
		10 - 20	3,2
		> 20	1,0
Liquid digestate	4	up to 10	5,60
		10 - 20	5,44
		> 20	5,28

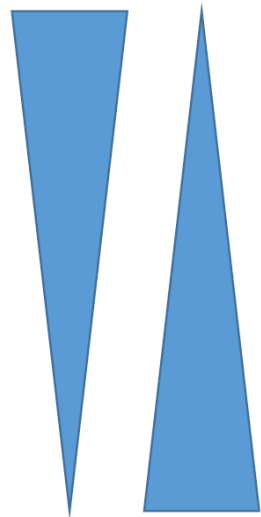
Source: following Kolbe (2007)

\*Factors are valid at the dry matter content stated. If the dry matter content is higher /lower, this should be taken into account

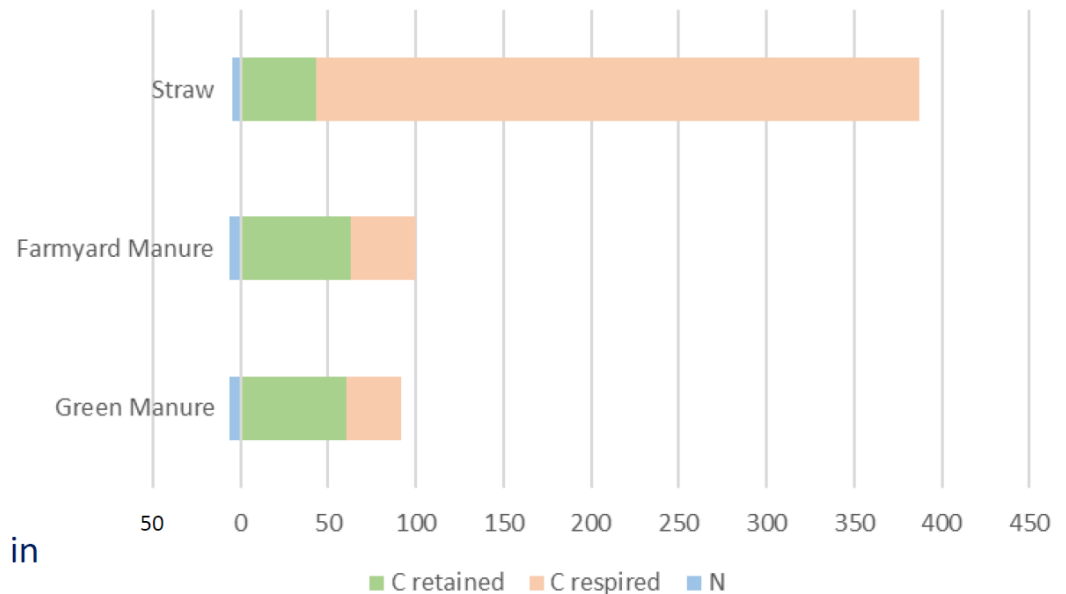
# Where is all the carbon gone?

- Microbes need N to take up C!
- Excess C is respired!

C:N ratio



C retention in turnover



# Kmetijske prakse pomembno vplivajo na zaloge organskega ogljika v tleh!

## RABA TAL

- Ohranjanje šotišč in travinja!
- Konverzija degradiranih območij
- Agro-forestry sistemi
- Namakanje

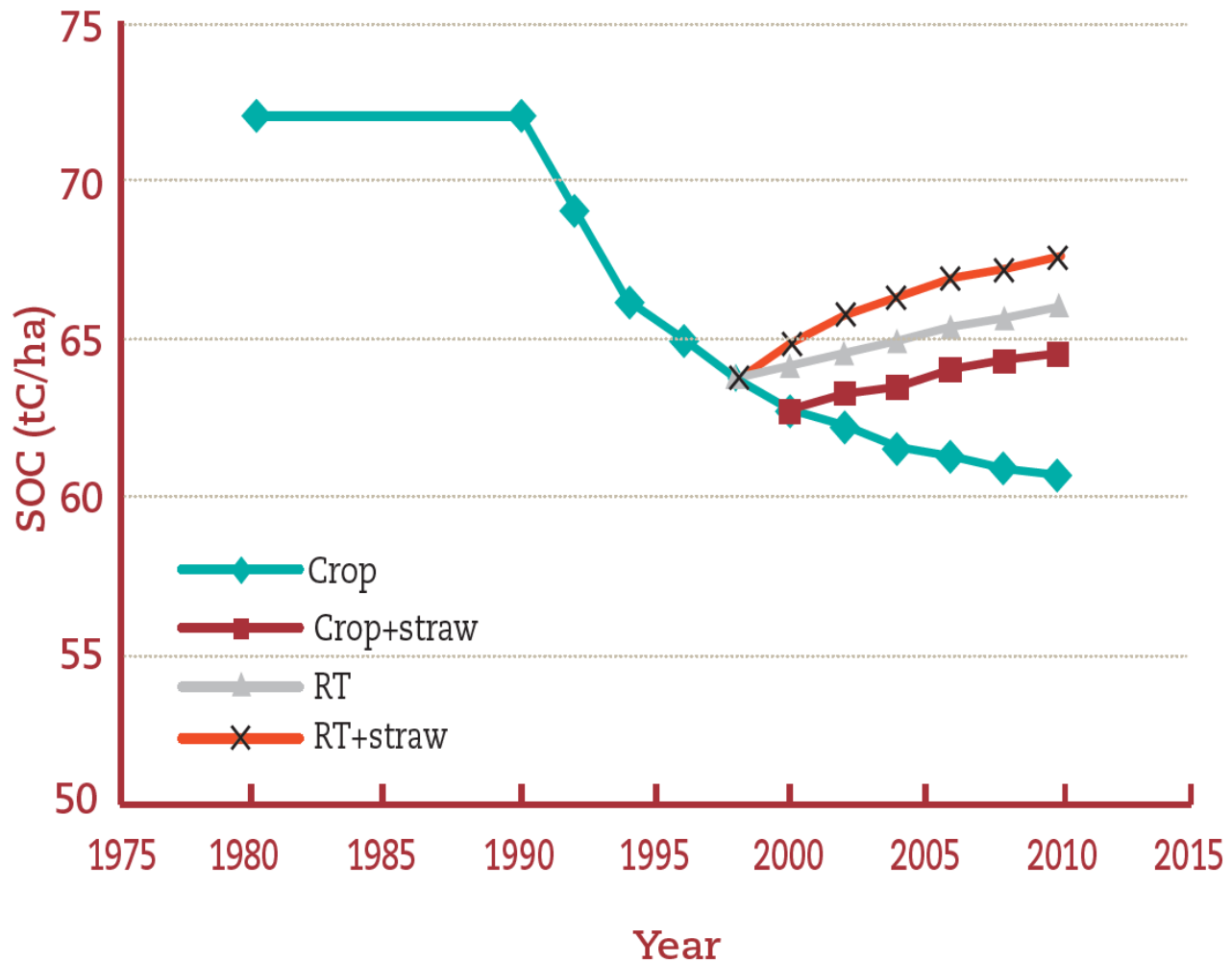
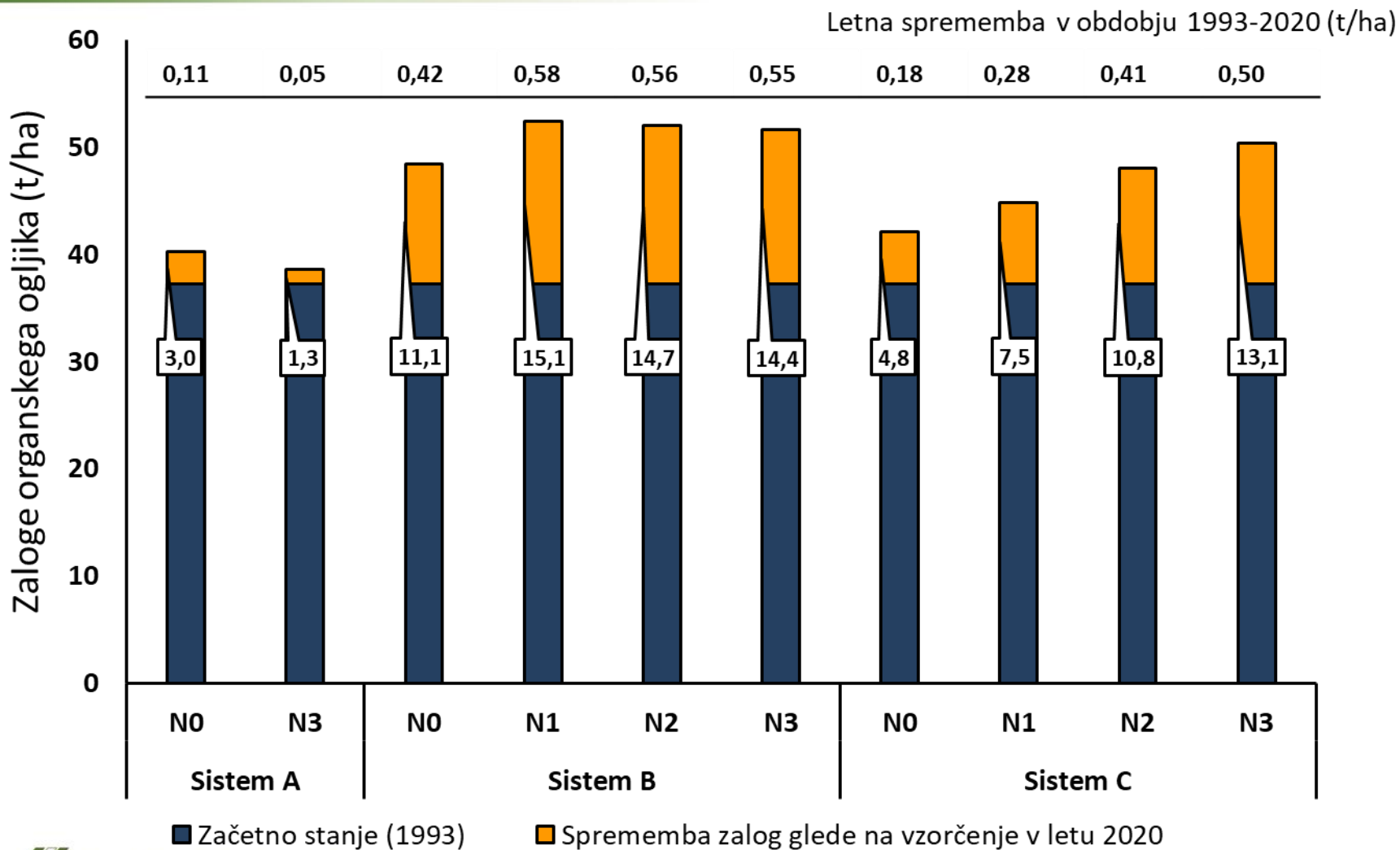
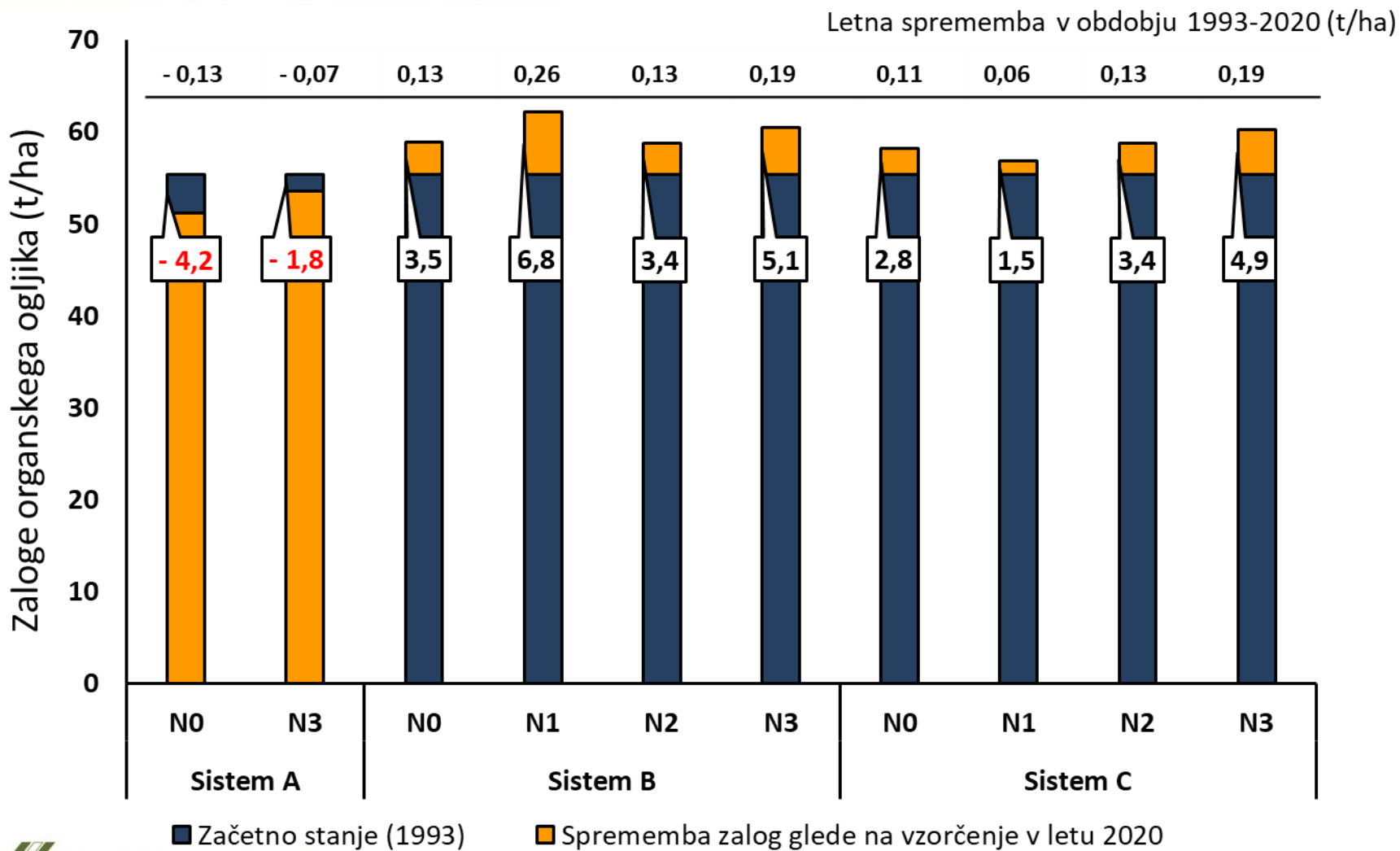


FIGURE 1: Impact of grassland conversion to cropland and subsequent impact of management on soil organic carbon.

# Zaloge organskega ogljika v 25 cm tal na poskusu IOSDV Rakičan po 26 letih trajanja poskusa

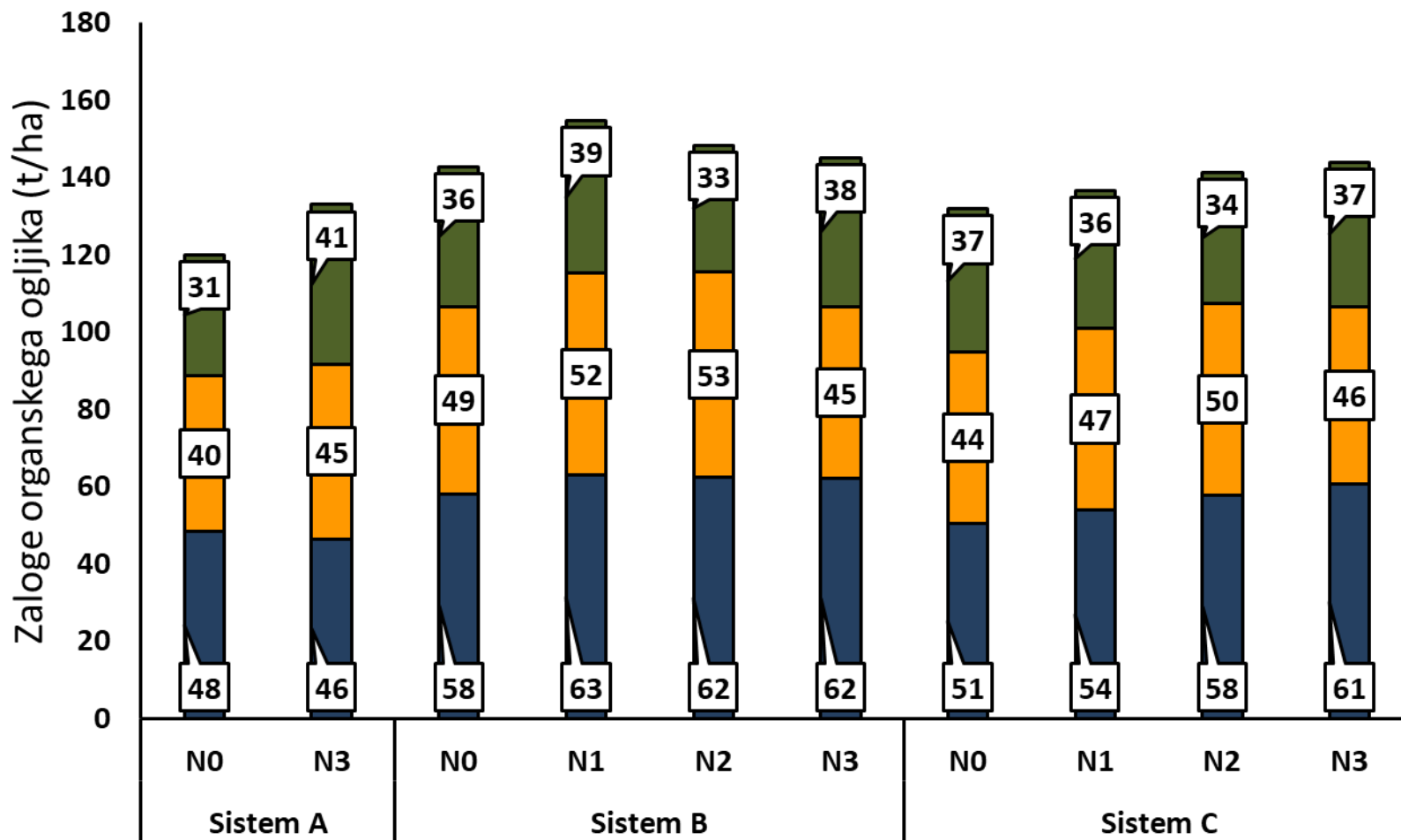


# Zaloge organskega ogljika v 25 cm tal na poskusu IOSDV Jablje po 26 letih trajanja poskusa

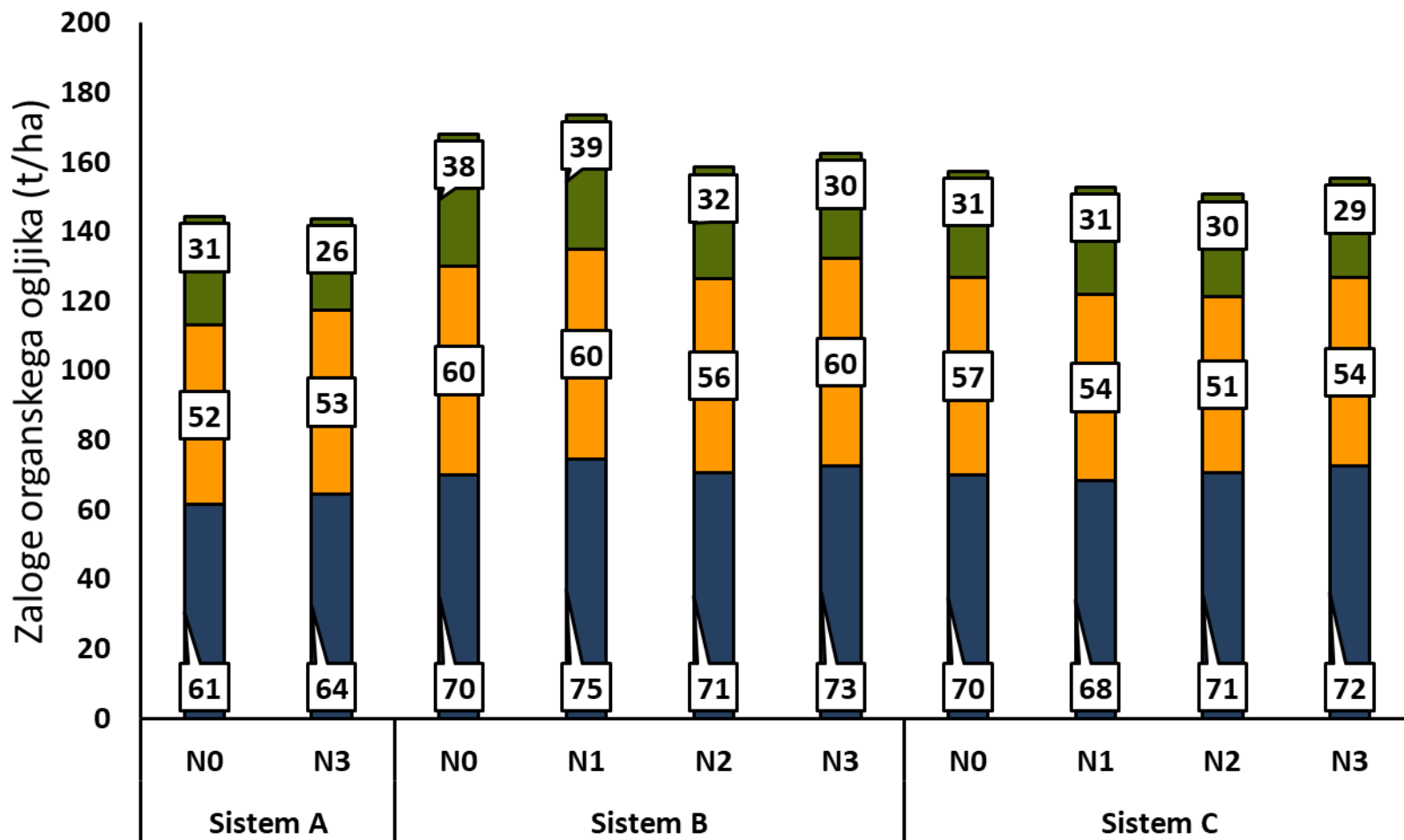




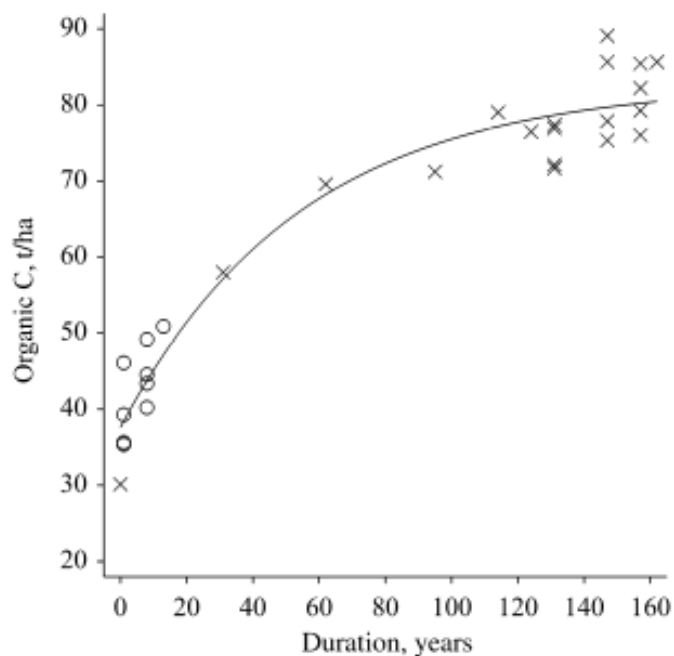
# Zaloge organskega ogljika v 90 cm tal na poskusu IOSDV Rakičan v letu 2020



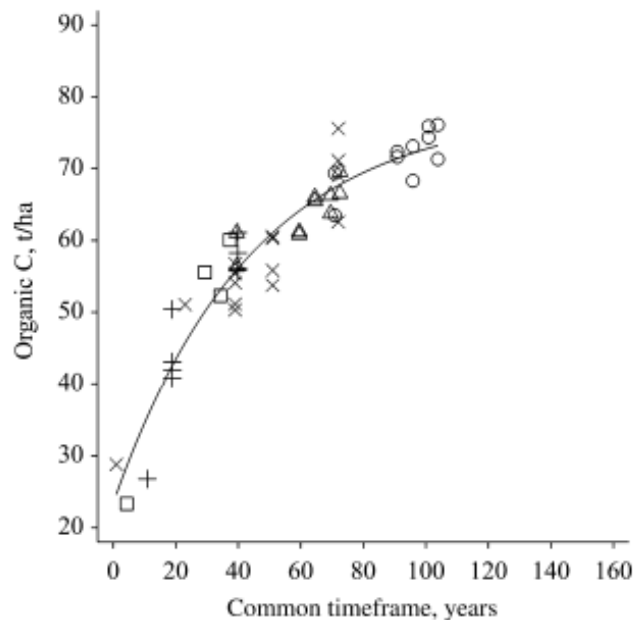
# Zaloge organskega ogljika v 90 cm tal na poskusu IOSDV Jablje v letu 2020



## Kaj ugotavlja tujina – gnojenje s hlevskim gnojem

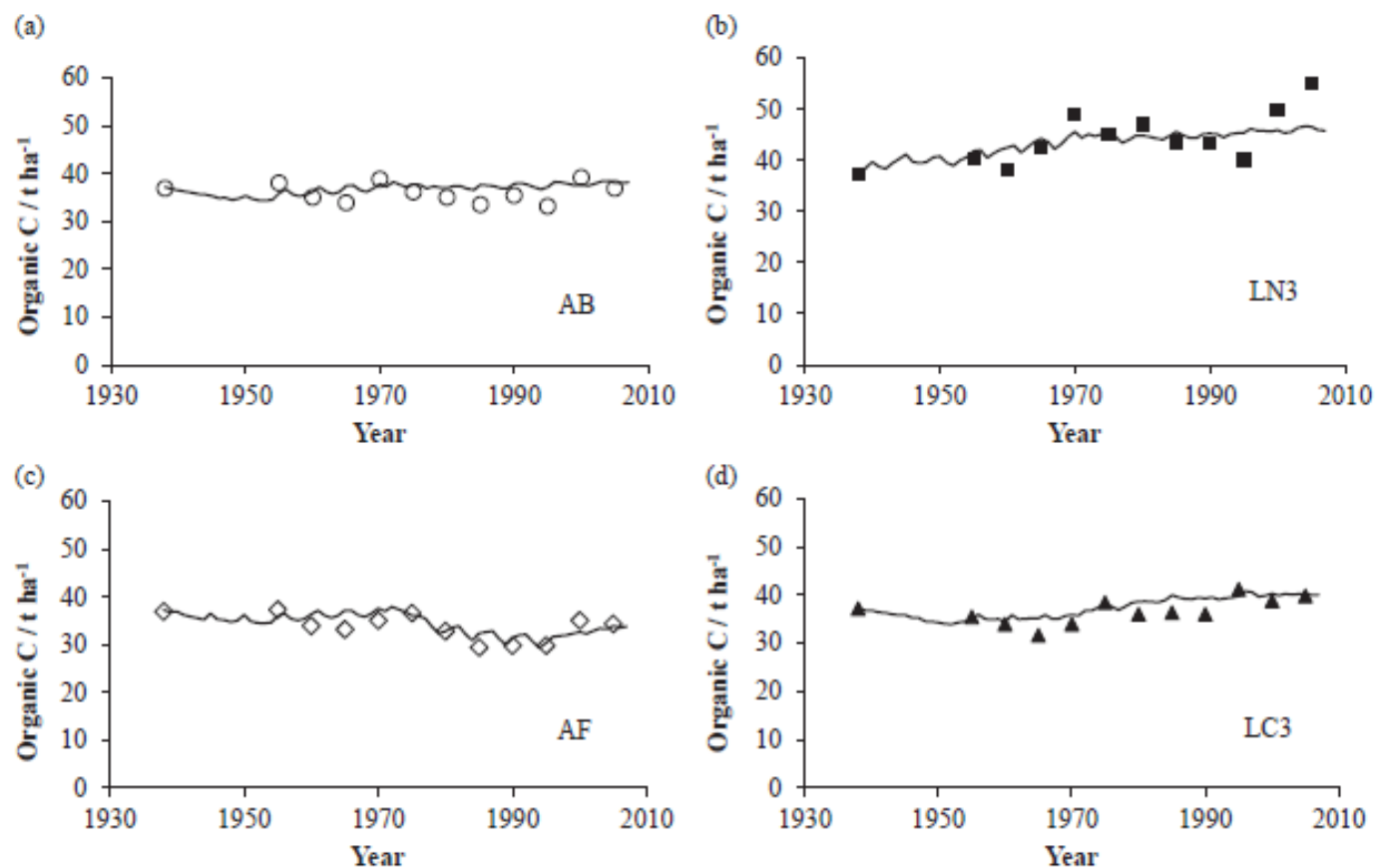


**FIGURE 1** Accumulation of soil organic carbon (SOC), t/ha, resulting from an annual application of farmyard manure (FYM), 35 t/ha in the Hoosfield Barley Experiment, Rothamsted. The amount of SOC has been corrected for the change in soil bulk density at the end of each sampling period and an exponential curve fitted. FYM since 1852, (x); FYM since 2001, (o). The start of each treatment is considered as year zero



**FIGURE 2** Accumulation of soil organic carbon (SOC), t/ha, resulting from an annual application of farmyard manure (FYM), 35 t/ha in the Broadbalk Wheat Experiment, Rothamsted. The amount of SOC has been corrected for the change in soil bulk density at the end of each sampling period. Each of the three series of data started in different years: Series 1. FYM from 1843 to 1914 (x), and again from 1967 to 2000, (o). Series 2. FYM from 1885 to 1914 (+), and again from 1967 to 2000, (Δ). Series 3. FYM from 1967 to 2000 (□). To create a common timeframe, the calendar years for Series 2 and 3 data were shifted back to coincide with Series 1 before fitting the exponential model

## Kaj ugotavlja tujina – kolobar in vključevanje dosevkov



**Figure 3** Organic C, t ha<sup>-1</sup>, in soil to 25 cm for selected treatments in Block III of the Woburn ley–arable experiment. The data points have been adjusted, where necessary, for changes in bulk density (see text) and the solid lines are the modelled output from RothC-26.3. Treatments are: (a) AB, all-arable rotation, (b) LN3, 3-year grass leys + N followed by two arable crops, (c) AF, arable rotation with root crops or fallows and (d) LC3, 3-year grass + clover leys followed by two arable crops. See Table 1 for details of changes in cropping. Data are from soil samples that did not receive farmyard manure (FYM). To obtain a modelled value for the amount of carbon in the soil at the start of the experiment a carbon input of 1.74 t ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> was used together with mean weather data for 1929–38. The soil was assumed to contain 3.0 t ha<sup>-1</sup> of resistant organic matter (IOM).

# Kaj ugotavlja tujina – obdelava tal (meta – analiza poskusov z obdelavo tal)

**Supplementary Figure 4** The relative change of SOC storage ( $\text{Mg ha}^{-1}$ ) under different soil depths when the trial of all duration is combined. Soil depth was divided into 6 layers: 0–10 cm (in magenta), 10–20 cm (in blue), 20–30 cm (in gold), 30–40 cm (in violet), 40–60 cm (in green), and >60 cm (in brown). Sum refers to the sum of the relative change of SOC storage at all six depths.

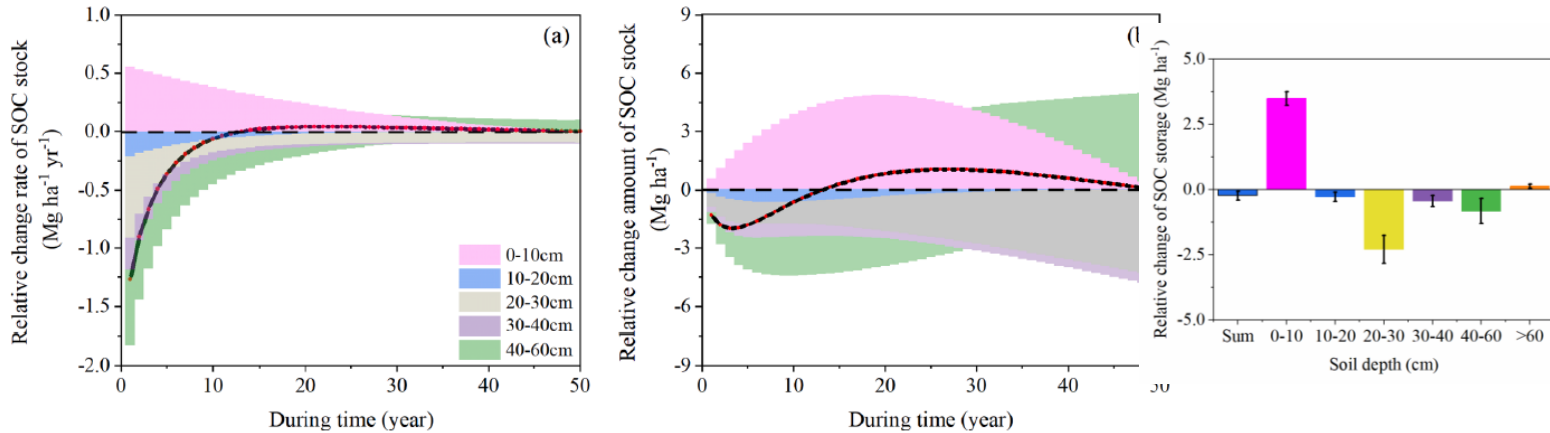


Fig. 1. The effect of no-tillage on the relative change rate (a) and relative change amount (b) soil organic carbon (SOC) storage compared with conventional tillage.

Sklep v članku: Naša analiza zagotavlja trdne dokaze, da ima no-till (NT) omejene koristi pri atmosferskih izpustih  $\text{CO}_2$  in sekvestraciji ogljika. Medtem ko ima NT pomembne koristi za tla in koristi za pridelavo, vključno z zmanjšanjem erozije, izboljšanjem strukture tal in zadrževanjem vode ter zmanjšanjem stroškov goriva in dela, se NT sam po sebi ne bi smel promovirati za blažitev podnebnih sprememb.

Cai et al. 2022

# Sklepi

---

- Izvajanje ukrepov za ohranjanje in izboljšanje zalog organskega ogljika ima številne ugodne učinke na talno mikrofloro, rodovitnost tal, posledično pa na sposobnost tal za pridelavo hrane v spreminjajoči se klimi
- Izvajanje ukrepov ni enostavno ker zahteva prilagoditev praks preko dolgega obdobja, učinki pa so počasi vidni in se razlikujejo praktično od njive do njive
- Ni popolnoma jasno kako postopati, ko bomo dosegli maksimalne kapacitete vezanega ogljika, ki ga tla v določenem okolju in z določeno prakso lahko ohranjajo
- Prepoznavanje potenciala večletnih poskusov in podatkov iz teh poskusov za usmerjanje ukrepov kmetijsko-okoljske politike je pri nas premalo prepoznano in cenjeno. Potencial in uporaba podatkov iz večletnih poskusov IOSDV, kjer so vključene najpogostejše pridelovalne prakse v Sloveniji in ki poteka po nespremenjeni metodologiji že 30 let je velik in bi moral biti tudi ustrezno finančno podprt.