

LIETUVOS AGRARINIŲ IR MIŠKŲ MOKSLŲ CENTRAS

**TVIRTINU:** .....

Direktorius  
Gintaras Brazauskas  
2019 m. lapkričio 11 d.

**ANGLIES SEKVESTRACIJOS POTENCIALO ŽEMĖS ŪKYJE  
ĮVERTINIMAS**

**2019 M. GALUTINĖ ATASKAITA**

Vadovė  
Dr. Žydrė Kadžiulienė

Akademija, Kėdainių r.

**2019**

MTTV projekto  
“Anglies sekvestracijos potencialo žemės ūkyje įvertinimas”  
vykdytojai

Eilės Nr.	Vardas, pavardė	Institucija, pareigos
1.	Dr. Žydrė Kadžiulienė	LAMMC Žemdirbystės instituto Augalų mitybos ir agroekologijos skyriaus vyriausioji mokslo darbuotoja
2.	Dr. Alvyra Šlepetienė	LAMMC Žemdirbystės instituto Cheminių tyrimų laboratorijos vedėja, vyriausioji mokslo darbuotoja
3.	Dr. Dalia Feizienė	LAMMC Žemdirbystės instituto Augalų mitybos ir agroekologijos skyriaus vedėja, vyriausioji mokslo darbuotoja
4.	Dr. Kristina Amalevičiūtė-Volungė	LAMMC Žemdirbystės instituto Cheminių tyrimų laboratorijos vyresnioji mokslo darbuotoja
5.	Dr. Kęstutis Armolaitis	LAMMC Miškų instituto vyriausiasis mokslo darbuotojas, VDU profesorius
6.	Dr. Vaclovas Bogužas	Aleksandro Stulginskio universitetas, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų instituto profesorius ir direktorius
7.	Dr. Aušra Sinkevičienė	Aleksandro Stulginskio universitetas, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų instituto docentė
8.	Lina Skinulienė	Aleksandro Stulginskio universitetas, Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų institutas, doktorantė

## Turinys

MTTV projekto vykdytojai.....	2
Turinys.....	3
Įvadas.....	4
1. LITERATŪROS APŽVALGA.....	4
2. TYRIMO OBJEKTAI IR METODAI.....	9
2.1. Tyrimai LAMMC Miškų institute.....	9
2.2. Tyrimai Žemdirbystės institute.....	10
2.2.1. Tikslųjų lauko eksperimentų schemas ir vykdymo metodika.....	10
2.2.2. Ariamos žemės konversijos į žolynus tyrimai.....	12
2.2.3. Organinių dirvožemių tyrimai.....	12
2.2.4. Anglies sekvestracija skirtingai eksploatuojamų dirvožemių profiliuose.....	12
2.3. Tyrimai VDU Žemės ūkio akademijoje - ilgalaikiai augalų kaitos tyrimai.....	13
2.4. Tyrimų parametrai ir analizių metodai.....	15
2.5. Meteorologinės sąlygos Dotnuvoje 2017 – 2019 m. ....	17
3. REZULTATAI.....	22
3.1. C-org tvarumo tyrimai miško ir agroekosistemose.....	22
3.1.1. Organinės anglies tvarumas miško dirvožemiuose.....	22
3.1.2. Organinės anglies sekvestracija natūralių miškų dirvožemių profiliuose.....	25
3.1.3. Dirvožemiai skirtingoje žemėnaudoje Lietuvoje.....	27
3.1.4. C-org sankaupos miško paklotėje ir daugiamečių žolynų nuokritose.....	29
3.1.5. Skeleto santykinė dalis skirtingų mineralinių dirvožemių 0-30 cm sluoksnyje.....	30
3.1.6. Dirvožemių CO <sub>2</sub> emisijos skirtingoje žemėnaudoje.....	32
3.2. Tyrimų LAMMC Žemdirbystės institute rezultatai.....	41
3.2.1. Ilgametis žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimentas.....	41
3.2.2. Ekologinių sėjomainų tyrimai.....	52
3.2.3. Anglies sekvestracija skirtingų žemės dirbimo-tręšimo sistemų dirvožemių profiliuose.....	56
3.2.4. Labilios organinės anglies kiekis ir pokyčiai skirtinguose dirvožemiuose.....	58
3.2.5. Organinių dirvožemių tyrimai.....	59
3.2.6. Judriosios humuso medžiagos ir humifikacija.....	63
3.2.7. Augalinės kilmės org. trąšų poveikis C-org sekvestracijai miglinių javų sėjomainoje.....	64
3.2.8. Ariamos žemės konversijos į žolynus tyrimai.....	66
3.3. Tyrimai VDU ŽŪA.....	67
3.3.1. Ilgalaikiai augalų kaitos tyrimai.....	67
3.3.2. Anglies sekvestracijos potencialas skirtingose sėjomainose.....	72
REZULTATŲ APIBENDRINIMAI.....	74
PAGRINDINĖS IŠVADOS.....	76
PROJEKTO TIKSLO IR UŽDAVINIŲ ĮVYKDYMAS.....	77
REKOMENDACIJOS .....	79
Literatūros sąrašas.....	81
Projekto rezultatų viešinimas .....	85

## IVADAS

Dirvožemyje sukaupta anglis yra svarbi ir dalyvauja įvairiose ekosistemose bei atlieka daugybines tiesiogines ir netiesiogines funkcijas, įskaitant maisto produkciją, pluoštų gamybą, maistinių medžiagų tiekimą, vandens režimo ir dirvožemių eroziją (Bardgett, Van der Putten, 2014; Wall ir kt., 2016; Morrien ir kt., 2017). Didžiausia dirvožemio organinės anglies kiekiai yra žemės paviršiuje apie 1500 Gt C arba 80% visos anglies (FAO, 2017).

Tačiau mokslininkai ir visuomenė nerimauja, jog daugelyje pasaulio vietovių dirvožemio organinės medžiagos bei anglies prarandama (EASAC, 2017) Dirvožemio anglies nuostoliai turi didelę reikšmę šiltnamio dujų emisijai (Carlson ir kt., 2017). Klimato pokyčiai verčia vis labiau rūpintis dirvožemio anglies sancaupomis, ypač žemės ūkio sistemų potencialu sekvestruoti iš atmosferos CO<sub>2</sub> (Viscarra-Rossel ir kt., 2014; Lal, 2016). Remiantis racionaliu žemės naudojimo ir žemės ūkio valdymu, dirvožemio anglis gali padidėti ir tuo pačiu sumažinti atmosferinio CO<sub>2</sub> lygį ir klimato kaitą (Amundson, Biardeau. 2018; EASAC, 2018; Lal, 2019).

Reikalinga tvirta strategija antropogeninės klimato kaitos švelninimui. Didinant anglies kaupimą (t.y. anglies sekvestraciją) dirvožemiuose galima padidinti ekosistemų tvarumą. Jungtinių Tautų konferencijoje dėl klimato kaitos, buvo pabrėžta dirvožemio organinės anglies svarba mažinant klimato pokyčius. Prancūzija pasiūlė idėją "4 už tūkstantį", kurios tikslas yra padidinti dirvožemio organinės anglies (C-org) kiekį 0,4 proc kasmet 0-40 cm gylyje pasaulio dirvožemiuose (Chabbi ir kt., 2017, Soussana ir kt., 2019). Ši strategija paremta tuo, kad atmosferinį CO<sub>2</sub> dirvožemis sekvestruoja ir kaupia, taikant rekomenduojamą anglies dvideginio tvarkymo praktiką (RCMP), įskaitant tvarų žemės ūkį, agrarinės miškininkystės veiklą (Lal, 2016.) Siekiant sumažinti šiltnamio dujų emisiją iš žemės ūkio sektoriaus ir tuo pačiu klimato kaitą, manoma, jog apie 90 proc. viso švelninimo potencialo žemės ūkyje remtųsi C-org sekvestracija (Smith ir kt., 2013; Paustian ir kt., 2016).

## 1. LITERATŪROS APŽVALGA

**C-org sancaupų svarba.** Žemės sausumos ekosistemose dirvožemio organinės anglies (C-org) sancaupos yra apie 2 kartus didesnės negu atmosferoje ir beveik 3 kartus - negu augalų biomasėje (Guggenberger, 2010). Europos miškų dirvožemiuose C-org sancaupos vidutiniškai 1,5 karto, o naujausiais tyrimais - net iki 2,5 karto didesnės negu C sancaupos augalų biomasėje (Grüneberg ir kt., 2014; de Vos ir kt., 2015). Todėl C-org kaupimas dirvožemiuose gali sušvelninti prognozuojamo šiltėjančio klimato globalines pasekmes (UNFCCC, 1998; IPCC, 2007; Lal, 2019).

Miško ekosistemos Žemėje yra sukaupusios 80% visos anglies augalų antžeminėje biomasėje ir daugiau negu 70% visos C-org (Jobbágy, Jackson, 2000; Six ir kt., 2002). Vidutiniškai produktyviame miško dirvožemyje per metus gali susikaupti 2-12 kgC ha<sup>-1</sup> (Schlesinger ir kt., 2000).

Tarpyvriausybinės klimato kaitos komisijos parengtose gairėse (IPCC, 2006) dirvožemio išmetamų ir absorbuojamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD), žemės naudojimo paskirties keitimo ir miškininkystės sektoriaus (LULUCF) apskaitai ir ataskaitų teikimui C-org sancaupos vertinamos organinių ir mineralinių dirvožemių viršutiniame 0-30 cm sluoksnyje. Tačiau, ypač miškų ekosistemose, labai svarbu C-org sancaupas nustatyti miško paklotėse ir gilesniuose dirvožemio sluoksniuose.

Vidutinės C-org (0-30 cm) sandaupos (tC ha<sup>-1</sup>) miško dirvožemiuose Europoje, Pasulyje ir skirtingose Europos šalyse pateiktos 1 lentelėje. Atskirose šalyse tikslinga nustatyti metodiškai pagrįstas C-org sandaupų nacionalines vertes skirtinguose dirvožemiuose. Pavyzdžiui, C-org (0-30 cm) sandaupos rudžemiuose (*Cambisols*) Rusijoje ir Vokietijoje skiriasi daugiau kaip 2 kartus, o jaurazemiuose (*Podzols*) Estijoje ir vidutiniškai Centrinėje bei Rytų Europoje – daugiau kaip 2,5 karto. Dirbamos žemės vertimas į pievas ir daugiamečius žolynus bei miško žemę buvo pasiūlytas, kaip efektyvus būdas atmosferos CO<sub>2</sub> anglies sekvestravimui dirvožemiuose ir kuris gali prisidėti prie prognozuojamos klimato kaitos pasekmių švelninimo (UNFCCC, 1998; Post ir Kwon, 2000; IPCC, 2007; Schulp ir kt., 2008).

**1 lentelė.** Vidutinės C-org (0-30 cm) sandaupos (tC ha<sup>-1</sup>; skliausteliuose – variacijos koeficientas) miško dirvožemiuose Europoje, Pasulyje ir atskirose šalyse)

<b>Dirvožemio grupės (WRB, 2014)</b>	Europa (de Vos ir kt., 2015)	Pasaulis (Batjes, 1996)	Centrinė ir Rytų Europa (Batjes, 2002)	Prancūzija (Arrouays ir kt., 2001)	Rusija (Stolbovoi, 2006)	Estija Kōlli ir kt. (2009; 2011) (0-25 cm)	Vokietija (Grüneberg ir kt., 2014)
<i>Cambisols</i>	75 (0,57)	50 (0,91)	69 (0,73)	77 (0,57)	122	68	55
<i>Regosols</i>	58 (0,80)	31 (1,22)	69 (0,51)	50 (0,81)	-	43	65,5
<i>Podzols</i>	63 (0,96)	136 (1,01)	120 (1,87)	80 (0,60)	67	45	65,5
<i>Arenosols</i>	50 (0,77)	13 (1,08)	22 (0,62)	44 (0,73)	31	-	65,5
<i>Luvisols</i>	73 (0,89)	31 (1,03)	50 (0,57)	65 (0,64)	-	82	-
<i>Leptosols</i>	86 (0,64)	36 (1,28)	84 (0,92)	-	68	75	-
<i>Histosols</i>	181 (0,34)	283 (0,47)	221 (0,44)	267 (0,78)	-	43,5	-
<i>Gleysols</i>	94 (1,01)	77 (1,09)	114 (0,61)	-	107	41-156	65-68*
<i>Phaeozems</i>	65 (0,62)	77 (0,53)	84 (0,33)	-	-	-	-
<i>Planosols</i>	45 (0,40)	39 (0,99)	58 (0,10)	-	117	-	-
<i>Fluvisols</i>	64 (0,58)	38 (1,14)	89 (1,00)	80 (0,61)	62	120	-
<i>Andosols</i>	150 (0,26)	114 (0,69)	-	93 (0,75)	70	-	-
<i>Podzoluvisols</i>	65 (0,43)	56 (0,65)	49 (0,78)	56 (0,75)	-	-	-

\**Gleysols* + *Podzols*

Nuo žemės ūkinio naudojimo tipo gali priklausyti dirvožemio organinės anglies sandaupos dirvožemyje, kurios gali lemti globalinį anglies ciklą, mažiau fiksuoti CO<sub>2</sub> (Eglin ir kt., 2010; Lal, 2019). Tačiau dėl mažai vykdytos C-org atsargų pokyčių stebėsenos po žemės naudojimo pokyčių, mažai žinoma apie skirtingų žemės naudojimo pokyčių poveikį C-org atsargoms. Konversija iš miško į agrosistemas mažina anglies sandaupas dirvožemyje. C-org atsargų pokyčių kryptis ir dydis priklauso nuo vykdomos agrosistemos rūšies (Don ir kt., 2011; Smith, 2018). Viena vertus, dėl miško kirtimo ir pavertimo į ganyklas gali padidinti C-org sandaupas (Conant ir kt., 2001), tačiau, kita vertus, miško pavertimas ariama žeme gali sumažinti C-org atsargas (Guo ir Gifford, 2002; Fujisaki ir kt., 2015). Po miško įkurta ganykla turi didelį potencialą padidinti dirvožemio organinės anglies sandaupas ypač viršutiniame sluoksnyje. C-org sandaupų padidėjimas ganyklose buvo susijęs su: i) intensyviu humuso formavimusi ir dideliu augalų šaknų kiekiu (Fujisaki ir kt., 2015); (ii) tanki šaknų sistema, vykdomi vandens ir dujų mainai, mažinant C-org skilimą; (iii) augalo C sąnaudos ir fizinės dirvožemio savybės (Tate ir kt., 2000); ir iv) faktas, kad dirvožemis, esantis ganyklose, nėra suardytas (arimais), kaip ariamos ganyklose (Guo ir Gifford, 2002). Sėjomainos laukuose organinė anglis dažnai

pašalinama iš sistemos (Anderson-Teixeira ir kt., 2009), ir nėra perdirbama, kaip miško sistemoje (Guo ir Gifford, 2002), todėl C-org sandaupos mažėja (Anderson-Teixeira ir kt., 2009; Fujisaki ir kt., 2015).

Daugiamečiuose žolynuose dirvožemyje randamos panašios C-org sandaupos kaip ir miško dirvožemiuose (Guo ir Gifford, 2002; Smith ir kt., 2005; Poeplau ir kt., 2011). Tačiau tos pačios grupės dirvožemiuose miške dažniausiai nustatoma didesnės C-org sandaupos nei dirbamoje žemėje (Armolaitis ir kt. 2007; 2013; Vesterdal ir kt., 2013). Be to, miško dirvožemiuose nemažai C-org susikaupia miško paklotėje (IPCC, 2000). Kita vertus, nemažai tyrimų atskleidė reikšmingą C-org sandaupų sumažėjimą dirvožemyje, kai dirbama žemė buvo apželdinta mišku arba palikta natūraliam atžėlimui pradiniu 30-40 metų laikotarpiu (Guo ir Gifford, 2002; Murty ir kt., 2002; Houghton ir Goodale, 2004; Poeplau ir kt., 2011; Bárcena ir kt., 2014).

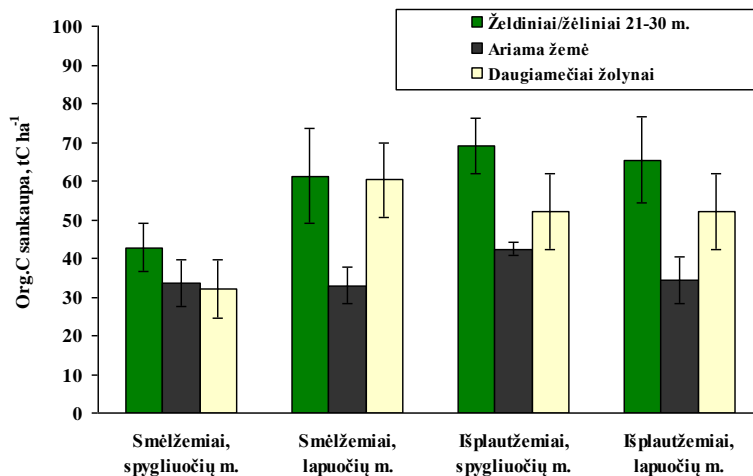
**C-org Lietuvos dirvožemiuose.** Armolaitis ir kt., (2017) nustatė preliminarines C-org sandaupų vertes mineralinio ir organinio dirvožemio 0-30 cm sluoksnyje skirtingoms dirvožemių grupėms (išplautžemiams, balkšvažemiams, smėlžemiams, jauražemiams, šlynžemiams, durpžemiams ir kt.) miško ir ne miško žemėje (daugiamečiai žolynai, ariama žemė), jos pateiktos 2 lentelėje.

Visose žemėnaudose pagrįstai galima nurodyti C-org 0–30 cm sandaupų nacionalines vertes išplautžemiams / balkšvažemiams (kiekvienoje žemėnaudoje barelių  $n = 81–130$ ), smėlžemiams ( $n=26–92$ ), rudžemiams ( $n=18–81$ ) ir, mažiau patikimai, palvažemiams ( $n = 7–29$ ). Tyrimų duomenys taip pat atskleidė vidutinių sandaupų skirtumus skirtingoje žemėnaudoje. Pavyzdžiui, palyginus su miškais, C-org 0–30 cm sandaupos viršutiniame rudžemių mineraliniame sluoksnyje daugiamečiuose žolynuose buvo vidutiniškai 22%, ariamoje žemėje – 31% mažesnės, o išplautžemiuose ir balkšvažemiuose, – mažesnės, atitinkamai 18% ir 26%.

**2 lentelė.** Dirvožemio organinės anglies (C-org) vidutinės sandaupos ( $tC ha^{-1}$ ) skirtingų dirvožemių 0-30 cm sluoksnyje miško ir ne miško žemėje (Armolaitis ir kt., 2017)

Dirvožemių grupė	Miško žemė		Daugiamečiai žolynai		Ariama žemė	
	<i>n</i>	C-org, $tC ha^{-1}$	<i>n</i>	C-org, $tC ha^{-1}$	<i>n</i>	C-org, $tC ha^{-1}$
Rudžemiai ( <i>Cambisols</i> )	18	118±8 (100%)	34	92±7 (78%)	81	91±4 (69%)
Išplautžemiai/balkšvažemiai ( <i>Luvissols+Retissols</i> )	130	96±3 (100%)	113	79±3 (82%)	81	71±4 (74%)
Palvažemiai ( <i>Planossols</i> )	26	81±8 (100%)	7	95±13 (117%)	9	61±7 (75%)
Smėlžemiai ( <i>Arenossols</i> )	92	58±3 (100%)	52	56±3 (97%)	26	62±4 (107%)
Jauražemiai ( <i>Podzossols</i> )	21	100±12 (100%)	1	83 (83%)	-	-
Šlynžemiai ( <i>Gleysossols</i> )	20	105±8 (100%)	2	106±1 (101%)	1	109 (104%)
Durpžemiai ( <i>Histosossols</i> )	37	154±11 (100%)	8	200±23 (130%)	2	243±131 (158%)
Salpžemiai ( <i>Fluvisossols</i> )	3	80±5 (100%)	1	65 (83%)	-	-

C-org sandaupos 0–30 cm sluoksnyje ne miško žemėje smėlžemiuose ir išplautžemiuose įveistuose ar savaimiame sužėlusiuose lapuočių ir spygliuočių 21-30 m. amžiaus miškuose bei tuose pačiuose dirvožemiuose šalia esančiuose daugiamečiuose žolynuose ar ariamoje žemėje palygintos 1 paveiksle. C-org 0–30 cm sandaupos nederlinguose smėlžemiuose ir derlinguose išplautžemiuose įveistuose želdiniuose / savaiminiuose želdiniuose ir daugiamečiuose žolynuose esminiai nesiskyrė ( $p>0,05$ ). Tačiau išplautžemiuose, lyginant su ariama žeme, miško želdiniuose ir želdiniuose C-org sandaupos buvo vidutiniškai apie 1,7 k. didesnės.



**1 paveikslas.** C-org vidutinės sankaupos smėlžemių ir išplautžemių 0–30 cm mineraliniame sluoksnyje ne miško žemėje įveistuose 21–30 metų amžiaus miško želdiniuose ir kontrolėje (ariama žemė ir daugiamečiai žolynai) (Armolaitis ir kt., 2017).

**Žemdirbystės sistemų įtaka C-org sekvestracijai.** Išsivysčiusiose šalyse vyravęs intensyvus išteklių naudojimas keičiamas į jų tausojimo politiką. Šiam tarptautinio lygio uždaviniui spręsti, 2014 m. inicijuota ES programa “Promoting synergies and reducing trade-offs between food supply, biodiversity and ecosystem services”. Joje akcentuojamas dirvožemių (ne tik jų viršutinio sluoksnio) našumo, jų bioįvairovės nykimas, todėl agroekosistemų potencialo mažėjimo stabdymui ir tvarumo palaikymui skiriamas ypatingai didelis dėmesys. Vakarų Europos mokslinėse studijose teigiama, kad teisingausia yra vertinti dirvožemio savybes (agrofizikines, agrochemines, biologines) integraliai, t.y. neatsiejant jas vieną nuo kitos. Taip pat pabrėžiama, kad skirtingose agroklimatinėse zonose dirvožemio funkcionavimas esti nevienodas ir jo valdymui būtina parinkti gerai apgalvotas priemones.

Globaliniu mastu, dvigubai daugiau C yra dirvožemyje nei atmosferoje (Smith ir kt., 2005; Lal, 2009; FAO, 2017). Klimato kaitos galimų padarinių prognozavimas ir studijavimas, dirvožemio sauga šiandien ir ateityje – vienos iš svarbiausių tyrimo sričių pasaulyje, tame tarpe ir Lietuvoje. FAO duomenimis, klimato kaita visoms šalims gali turėti dviejų rūšių padarinių: biofizikinį poveikį bei socio-ekonominių poveikį. Biofizikinis poveikis pasireiškų fiziologinio efekto pokyčiais atskiruose augaluose ir atskirose augalų rūšyse, skirtingose ekosistemose (ariamoje žemėje auginamų augalų sistemose, ganyklose, miškuose); galimi dirvožemio biogeocheminių ciklų, nuo kurių priklauso derlingumas, raidos pasikeitimai, t.y. kokybiniai ir kiekybiniai visos Žemės, dirvožemio ir vandens pokyčiai (Lal, 2004; 2009; Smith ir kt., 2013; 2019; FAO, 2017). Klimato kaitos padariniai augalams ir dirvožemiui tiriami įvairiose šalyse (Toth ir kt., 2013; Montanarella ir kt., 2015; Carlson ir kt., 2017).

Daug tyrimų atlikta nustatant dirvožemio fosforo, kalio, azoto apykaitą sistemoje „dirvožemis-augalas“, pateikta teorinių faktų apie azoto ir kalio migraciją į gilesnius dirvožemio sluoksnius. Tačiau ligi šiol foniniai dirvožemiai ir jų savybių kaitos santykis su jų sukultūrinimu ir ūkiniu naudojimu Lietuvoje mažai tyrinėtas. Dauguma atliktų tyrimų atlikta vienoje aplinkoje, apsiribojant tik tam tikrų pasirinktų rodiklių analize.

Yra manoma, kad teisinga agrarinė veikla, visų pirma žemdirbystės sistemos, gali gerinti anglies apykaitą tarp dirvožemio ir atmosferos, didinant C sekvestraciją ir mažinant CO<sub>2</sub> emisiją į atmosferą

(Berti ir kt., 2016; Lal, 2016; Hirte ir kt., 2018; Smith ir kt., 2019). Lietuvoje ŠESD emisijos tirtos LAMMC ŽI (Feiziene ir kt., 2011, 2015, 2018), VDU ŽŪA (Baležentienė ir kt. 2010, Šarauskis ir kt., 2018). Atskirų veiksnių (žemės dirbimo, arba tręšimo, arba drėkinimo ir pan.) įtaka CO<sub>2</sub> emisijai plačiai tiriama (Poelau ir Don, 2015; Berti ir kt., 2016; Hirte ir kt., 2018), tačiau pasigendama tyrimų iš vidutinio klimato zonos šalių, ypač agrariniame sektoriuje. Mažiau žinoma apie organinės anglies emisijas skirtingose augalininkystės sistemose (javų, žolynų) taikant skirtingas agrotechnologijas. Taip pat anglies sekvestraciją stiprinančius ir slopinančius veiksnius ne tik armenyje, bet ir poarmino gilesniuose horizontuose. Trūksta išsamesnių tyrimų anglies kiekio dirvožemyje įtaką augalų derlingumui, bei sąsajų su dirvožemio fizikinėmis savybėmis, bei mineralinių trąšų absorbcija, gyvybingumą bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisija.

**MTTV projekto tikslas** - įvertinti anglies sekvestracijos potencialą augalininkystės sektoriuje.

**MTTV projekto uždaviniai:**

- Ištirti organinės anglies emisijas skirtingose augalininkystės sistemose (javų, žolynų), kitose (miškai, mišrios sėjomainos) taikant skirtingas agrotechnologijas bei identifikuoti anglies sekvestraciją stiprinančius ar slopinančius veiksnius ne tik armenyje, bet ir poarmino gilesniuose horizontuose;
- Įvertinti anglies kiekio dirvožemyje įtaką augalų derlingumui ir dirvožemio vandentalpai, mineralinių trąšų absorbcijai, gyvybingumui bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijoms;
- Įvertinti anglies kitimo dėsninumus, procesus, susidarant humifikuotiems junginiams ir vykstant fizikocheminėms sąveikoms dirvožemyje;
- Parengti priemonių, skatinančių anglies junginių sekvestravimą dirvožemyje ir švelninančių emisijas iš jo, sąrašą ir pateikti rekomendacijas ūkininkams

## 2. TYRIMO OBJEKTAI IR METODAI

LR ŽŪM remiamame projekte numatytų uždavinių įgyvendinimui pasirinkti antropogenizuotų žemės ūkio naudmenų bei miško dirvožemių tyrimų poligonai (ilgalaikiai eksperimentai) skirtinguose



Lietuvos rajonuose. Lauko eksperimentai ir laboratoriniai tyrimai vykdomi Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) Žemdirbystės ir Miškų institute bei Aleksandro Stulginskio universitete. Tyrimų vietos pasirinktos atsižvelgiant į vyraujančią dirvožemį ir kontrastingas agroklimatines sąlygas.

## 2.1. Tyrimai LAMMC Miškų institute

Tyrimų vietovės:

75 m. amžiaus mišrus beržynas (Kėdainių miškų urėdijos Dotnuvos girininkija)

59 m. amžiaus mišrus beržynas (Kėdainių miškų urėdijos Lančiūnavos girininkija)

Eksperimentinės bazės, kuriose su DOC tvarumu susietus tyrimus iki 2016 m. vykdė LAMMC MI doktorantai Milda Muraškienė ir Paulius Garbaravičius (skirtinga žemėnauda, miško ir ne miško žemė) ir kurie, remiantis LR ŽŪM projekto uždaviniais, buvo tęsiami toliau:

- Smėlžemiai (*Arenosols*) LAMMC Perlojos bandymų stotyje, įvairių miglinių javų pasėliai, dirvonuojanti žemė, pušynas ir beržynas.
- Rudžemiai (*Cambisols*) LAMMC Žemdirbystės institute (tiesioginė sėja netręštame plote įterpiančios susmulkintus šiaudus, 92 metų amžiaus mišrus beržynas (Kėdainių m.u. Dotnuvos girininkija), Dotnuvos parko klevynas.

## 2.2. Tyrimai Žemdirbystės institute

Eksperimentai atlikti Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Žemdirbystės instituto (LAMMC ŽI, Dotnuva) laukuose; organinių dirvožemių tyrimai Radviliškio rajone. Įvertinama anglies sekvestracija skirtingai eksploatuojamų dirvožemių profilyje

### 2.2.1. Tikslųjų lauko eksperimentų schemas ir vykdymo metodika

Tyrimai atliekami LAMMC ŽI (Dotnuva) lauko eksperimentuose. Dirvožemis – giliau karbonatingas, giliau glėjiškas rudžemis (*Endocalcary-Endohypogleyic Cambisol*), smėlingas lengvas priemolis. LAMMC Žemdirbystės institute tyrimai atlikti pagal skirtingas eksperimentų schemas.

#### 2.2.1.1. Ilgametis žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimentas.

Tyrimai atliekami ilgalaikio lauko eksperimento, įkurto 1999 metais, lauke, penkialaukės sėjomainos 3-ojo, 4-ojo ir 5-ojo rotacijos narių pasėliuose: 2017 m. – pupos; 2018 m. – vasariniai kviečiai; 2019 m. – vasariniai kvietrugiai (2 pav.). Keturi eksperimento variantai, atspindintys plačiausiai praktikoje taikomas žemės dirbimo sistemas, išdėstyti dviejuose augalinių liekanų fonuose – a) liekanos iš lauko pašalinamos, b) susmulkintos liekanos įterpiamos į dirvą:

1 var. T-1 – Rudeninis skutimas (10–12 cm) ir gilus arimas (20–22 cm) + priešsėjinis purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu (4–5 cm). Netręšta

2 var. T-2 – Rudeninis skutimas (10–12 cm) ir gilus arimas (20–22 cm) + priešsėjinis purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu (4–5 cm). Tręšta mineralinėmis trąšomis.

3 var. S-1 – Rudeninis skutimas (10–12 cm) + priešsėjinis purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu (4–5 cm). Netręšta.

4 var. S-2 – Rudeninis skutimas (10–12 cm) + priešsėjinis purenimas kombinuotu žemės dirbimo agregatu (4–5 cm). Tręšta mineralinėmis trąšomis.



**2 paveikslas.** Kompleksinis žemės dirbimo-tęšimo-šiaudų panaudojimo lauko eksperimentas, Dotnuva, 2018-06-29

Tyrimo bendrosios sąlygos. Per 20 eksperimento metų susiformavo skirtinga dirvožemio agrocheminė kokybė. Dėl skirtingų žemės dirbimo-tęšimo sistemų ilgalaikio taikymo armens agrocheminiai parametrai visame bandymo plote varijavo plačiame diapazone: organinė C 0,70-1,14%, suminis N 0,073-0,119%, pH 6,08-6,98, judrusis P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 98-181 mg kg<sup>-1</sup>, judrusis K<sub>2</sub>O 113-160 mg kg<sup>-1</sup>.

Tradicinis dirbimas - T var. Ruošiant dirvą, sekliai (10-12 cm) skutama iš karto po priešsėlinio augalo derliaus nuėmimo. Sudygus piktžolėms ir pabiroms giliai (20-22 cm) suariama. Prieš sėją dirva purenama universaliuoju priešsėlinio žemės dirbimo agregatu (4-5 cm). Supaprastintas neariminis žemės dirbimas - S var. Dirva po priešsėlinio augalo derliaus nuėmimo sekliai (10-12 cm) skutama. Sėjama tiesiogine sėjama, turinčia diskinius noragėlius ir seklaus žemės įdirbimo funkcija.

Tręšimas. 1 var. - netręšiama jokiomis trąšomis. 2 var. - tręšiama mineralinėmis NPK trąšomis. Trąšų normos nustatomos pagal dirvožemio savybes ir planuojamą žemės ūkio augalų derlingumą: pupos 5,0 t ha<sup>-1</sup>, vasariniai kviečiai – 6,0 t ha<sup>-1</sup>, vasariniai kvietrugiai – 6,0 t ha<sup>-1</sup>.

Pasėlių priežiūra (foniniai darbai): a) herbicidų naudojimas: žemės ūkio augalai purškiami leistiniais naudoti Lietuvoje preparatais, priklausomai nuo piktžolių rūšinės sudėties; b) insekticidų ir fungicidų naudojimas: atsižvelgiant į kenkėjų ir ligų išplitimą purškiami preparatais tuo metu leidžiamais naudoti Lietuvoje.

### **2.2.1.2. Ekologinių sėjomainų tyrimai.**

Įvertinamas anglies sekvestracijos potencialas skirtingose ekologinėse sėjomainose (3 pav.). Pateikiami keturių ekologinių sėjomainų tyrimų rezultatai:

1. 40% varpiniai javai, 60% daugiametės ankštinės žolės (raudonieji dobilai)
2. 50% varpiniai javai (miežiai), 50% griekiai
3. 40% varpiniai javai, 60% ankštiniai augalai (žirniai, lubinai)
4. 50% varpiniai javai (ž. rugiai, vasariniai kviečiai), 50% kiti augalai (griekiai, b. garstyčia)



**3 paveikslas.** Ekologinių sėjomainų lauko eksperimentas

*Tyrimo bendrosios sąlygos.* Dirvožemio agrocheminiai parametrai bandymo plote varijavo tokia diapazone: organinė C 1,33-1,40%, suminis N 0,139-0,147%, pH 6,99-7,09, judrusis P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 174-194 mg kg<sup>-1</sup>, judrusis K<sub>2</sub>O 147-158 mg kg<sup>-1</sup>.

Taikomas tradicinis žemės dirbimas. Mineralinės trąšos ir augalų apsaugos produktai nenaudojami.

#### **2.2.1.3. Augalinės kilmės organinių trąšų poveikis SOC sekvestracijai miglinių javų sėjomainoje**

Ekologinė sėjomaina, Dirvožemis – giliau karbonatingas, giliau glėjiškas rudžemis (*Endocalcary-Endohypogleyic Cambisols*), vidutinio sunkumo priemolis. Dirvožemio pH(KCl) 7.1 ir dirvožemio organinės anglies kiekis bandymų įrengimo pradžioje buvo 2,1-2.6 % 0-25 cm gylyje. Tyrimai atlikti sėjomainos grandyje: avižos /žirniai /avižų ir žirnių mišinys/ r. dobilai – vasariniai kviečiai – vasariniai miežiai. Organinių medžiago/trąšos buvo javų (avižų, žirnių) šalutinė produkcija, r. dobilų antžeminė masė ir granuliuotas galvijų mėšlas. Augalų organinės medžiagos užartos atitinkamai kiek sukaupta, o granuliuotos galvijų mėšlo trąšos (GGM) buvo apskaičiuotos laukeliui, tręšiant 2 t ha<sup>-1</sup> norma arba 60 kg N ha<sup>-1</sup>.

#### **2.2.2. Ariamos žemės konversijos į žolynus tyrimai**

Vidurio Lietuvoje tyrimai atliekami tokiuose dirvožemiuose:

- ✓ natūraliai durpėjantis ir ekstensyviai naudojamas Nevėžio slėnis,
- ✓ natūraliai durpėjantis ir ekstensyviai naudojama ilgaamžė ganykla (Kėdainių r.),
- ✓ sėklai naudojamų žolynų (ožiarūtis) dirvožemis.

#### **2.2.3. Organinių dirvožemių tyrimai**

Dirvožemio éminiai imti buvusioje Lietuvos Žemdirbystės instituto Radviliškio bandymo stoties eksperimentinėje bazėje, įrengtoje 1995 m. nusausintoje nenukastoje žemapelkės durpžemio netręštoje pievoje, 120 m aukštyje virš jūros lygio (55°45'N, 23°30'E). Dirvožemis – seklusis žemapelkės durpžemis (PDž1). Durpės kilmė – miško–nendrinė. Durpės storis nenukastoje žemapelkėje – vidutiniškai 1,95 m. (tyrimo vietoje apie 75cm). Po durpe - karbonatingas priemolis. Radviliškio

durpynas užima 1 203 ha plotą ir rytuose ribojasi su Radviliškio miestu. Radviliškio pelkė susiformavo Beržės aukštupyje, takoskyrinės lygumos pažemėjimuose. Tyrimui ėminiai imti iš šių tyrimų vietų:

- ✓ nenaudoto žemapelkės durpžemio;
- ✓ netręšto daugiamečio žolyno (miglinių žolių pieva);
- ✓ sėjomainos lauko: (bulvės (*Solanum tuberosum* L), žieminiai rugiai (*Secale cereale* L), raudonieji dobilai (*Trifolium pratense* L), P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> ;
- ✓ raudonųjų dobilų (*Trifolium pratense* L.) ir motiejukų (*Phleum pratense* L.) lauko, P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> ;
- ✓ tręšto daugiamečio žolyno (miglinių žolių pieva) (pašariniai motiejukai (*Phleum pratense* L.) + tikrieji eraičinai (*Festuca pratensis* Huds.)+ beginklės dirsės (*Bromus inermis*) – 40% + 40% + 20%), P<sub>60</sub>K<sub>120</sub> .

#### 2.2.4. Anglies sekvestracija skirtingai eksploatuojamų dirvožemių profiliuose

Tyrimų rezultatai neantropogenizuotuose (natūralių miškų) dirvožemių profiliuose bus pateikiami 2019 metais. Žemės ūkio naudmenų dirvožemiai, kuriuose bus vertinama C-org sekvestracijos potencialas profilyje – daugiametis žolynas, miglinių-ankštinių javų sėjomaina, organinis dirvožemis (Radviliškis).

### 2.3. Tyrimai VDU Žemės ūkio akademijoje - ilgalaikiai augalų kaitos tyrimai

**Tyrimų vykdymo sąlygos.** Sėjomainų kolekciją sudaro 58 laukeliai, auginama 15 kultūrinių augalų (4 pav.). Visų sėjomainų bei monopasėlių laukeliai yra vienodo dydžio, išdėstyti trimis eilėmis. Kiekvieno laukelio dydis 182,4 m<sup>2</sup>, apskaitinio laukelio dydis 96 m<sup>2</sup>. Šis stacionarus lauko eksperimentas įrengtas giliau karbonatingame sekliai glėjiškame rudžemyje (*Endocalcaric-Epihypogleyic Cambisol*).



**4 paveikslas.** Ilgalaikis augalų kaitos lauko eksperimentas, vykdomas ASU Bandymų stotyje nuo 1967 m. (Nuotr. V. Liako, 2014)

Visose sėjomainose ir monopasėliuose laikomasi vienodos žemės dirbimo sistemos, augalų apsaugos priemonės naudojamos pagal reikalą ir tyrimų schemą. 1967-1990 m. visos sėjomainos buvo tręšiamos taip, kad per šį laikotarpį kiekvienai sėjomainai tektų vienodas mineralinių trąšų kiekis, o vėliau tręšta įprastomis konkreitiems kultūriniais augalams normomis. Mėšlu 50 t ha<sup>-1</sup> tręšiamas vikių-

avižų mišinys - javų bei pafermio sėjomainose, žieminiai rugiai - intensyvioje ir lauko be kaupiamųjų sėjomainose, žieminiai kviečiai – Norfolkko sėjomainoje. Įsėlis sėjamas į miežius - pašarinėje ir Norfolkko; į kviečius – įprastinėje ir lauko; į vikių-avižų mišinį - intensyvioje ir pafermio sėjomainose.

**Ilgalaikio lauko eksperimento įrengimas ir tyrimų schema.** 1967 m. Lietuvos žemės ūkio akademijos (dabar VDU Žemės ūkio akademija) Bandymų stotyje buvo pradėti įvairių sėjomainų palyginimo ilgalaikiai lauko eksperimentai (sėjomainų kolekcija), kurie tęsiasi iki šiol. Taigi, šie eksperimentai vykdomi jau 50 metų, todėl dėl ilgalaikės skirtingos augalų kaitos susiformavo tam tikras dirvožemio ir tai gali turėti įtakos CO<sub>2</sub> emisijoms. Eksperimentas įrengtas profesoriaus A. Stancevičiaus iniciatyva. Sėjomainų schemas sudarytos taip, kad atspindėtų tam tikro laikmečio žemdirbystės sistemos elementus – pasėlių struktūrą ir dirvos derlingumo atstatymo būdą, pradedant įprastine, o baigiant vaismainine ir pramonine žemdirbystės sistemomis. Javų sėjomaina į eksperimentą įtraukta 1982 m. Kolekcija sudaryta iš trijų keturlaukių, trijų šešialaukių, dviejų aštuonlaukių ir vienos trilaukės sėjomainų. Be minėtų 9 sėjomainų, atspindinčių galimą augalų kaitos įvairovę, į tyrimų schemą įtraukti po keturis laukelius užimantys rugių ir kukurūzų monopasėliai, kur taikoma skirtingo intensyvumo agrotechnika. Šie monopasėliai gali parodyti Lietuvoje pastaruoju metu įsivyrančių netvaraus ūkininkavimo tendencijų poveikį dirvožemio ir augalų derlingumui. Nuolatinis pūdymas, kuriame kultūriniai augalai neauginami nuo 1967 m., įrengtas siekiant įvertinti mėšlu netręšiamų pūdyimų neigiamą poveikį dirvožemio derlingumui.

Sėjomainų kolekcijoje pasėliai kaitomi tokia tvarka:

Trilaukė sėjomaina	1. Pūdymas 2. Žieminiai rugiai 3. Avižos
Javų sėjomaina	1. Vikių-avižų mišinys žaliajam pašarui 2. Žieminiai kviečiai 3. Avižos 4. Miežiai
Norfolkko sėjomaina	1. Daugiametės žolės I n. m. 2. Žieminiai kviečiai 3. Bulvės 4. Miežiai + įsėlis
Lauko sėjomaina be kaupiamųjų	1. Pūdymas 2. Žieminiai kviečiai + įsėlis 3. Daugiametės žolės I n. m. 4. Daugiametės žolės II n. m. 5. Žieminiai rugiai 6. Miežiai
Lauko sėjomaina su kaupiamaisiais (įprastinė)	1. Pūdymas 2. Žieminiai kviečiai + įsėlis 3. Daugiametės žolės I n. m. 4. Daugiametės žolės II n. m. 5. Žieminiai rugiai 6. Cukriniai runkeliai 7. Miežiai 8. Avižos
Pašarinė sėjomaina (pievinė ganyklinė)	1. Daugiametės žolės I n. m. 2. Daugiametės žolės II n. m. 3. Daugiametės žolės III n. m. 4. Daugiametės žolės IV n. m. 5. Linai 6. Kukurūzai 7. Pašariniai runkeliai 8. Miežiai + įsėlis
Priefermio sėjomaina	1. Vikių-avižų mišinys žaliajam pašarui 2. Bulvės 3. Pašariniai runkeliai 4. Kukurūzai
Intensyvi sėjomaina	1. Vikių-avižų mišinys žaliajam pašarui + įsėlis 2. Daugiametės žolės I n.m. 3. Žieminiai rugiai → žieminiai rapsai žaliajai trąšai 4. Bulvės → žieminiai rugiai žaliajam pašarui 5. Kukurūzai 6. Miežiai → baltoji garstyčia žaliajai trąšai

Sideracinė sėjomaina 1. Lubinai žaliajai trąšai 2. Žieminiai rugiai 3. Žieminiai rapsai žaliajai trąšai; 4. Žieminiai rugiai 5. Bulvės 6. Miežiai

Rugių monopasėlis 1. Rugiai netręšti ir nepurkšti herbicidais 2. Rugiai + herbicidai 3. Rugiai + trąšos 4. Rugiai + trąšos + herbicidai

Nuolatinis pūdymas Juodasis pūdymas

*Tyrimų vykdymo sąlygos.* Sėjomainų kolekciją sudaro 58 laukeliai auginama 15 kultūrinių augalų. Sėjomainų kolekcijos planas pateiktas 1 pav. Visų sėjomainų bei monopasėlių laukeliai yra vienodo dydžio, išdėstyti trimis eilėmis. Kiekvieno laukelio dydis 182,4 m<sup>2</sup>, apskaitinio laukelio dydis 96 m<sup>2</sup>. Šis stacionarus lauko eksperimentas įrengtas giliau karbonatingame sekliai glėjiškame rudžemyje (*Endocalcari-Epiphypogleyic Cambisol*).

Visose sėjomainose ir monopasėliuose laikomasi vienodos žemės dirbimo sistemos, augalų apsaugos priemonės naudojamos pagal reikalą ir tyrimų schemą. 1967-1990 m. visos sėjomainos buvo tręšiamos taip, kad per šį laikotarpį kiekvienai sėjomainai tektų vienodas mineralinių trąšų kiekis, o vėliau tręšta įprastomis konkrečioms kultūriniam augalams normomis. Mėšlu 50 t ha<sup>-1</sup> tręšiamas vikių-avižų mišinys - javų bei prierferminėje sėjomainose, žieminiai rugiai - intensyvioje ir lauko be kaupiamųjų sėjomainose, žieminiai kviečiai – Norfolko sėjomainoje.

Įsėlis sėjamas į miežius - pašarinėje ir Norfolko; į kviečius – įprastinėje ir lauko; į vikių-avižų mišinį - intensyvioje ir pafermio sėjomainose.

**3 lentelė.** Organinės medžiagos šaltiniai sėjomainose

Sėjomainos	Kultūriniai augalai	Organinės medžiagos šaltinis			
		Mėšlas 50 Mg ha <sup>-1</sup>	Šiaudai	Žalioji trąša	Daugiametės žolės
Intensyvi	Vasariniai miežiai		+	+	
	Žieminiai rugiai	+	+	+	+
Rugių monopasėlis	Žieminiai rugiai		+		
Trilaukė	Žieminiai rugiai		+		
Javų	Vasariniai miežiai		+		
	Žieminiai kviečiai	+	+		
Lauko su kaupiamaisiais	Vasariniai miežiai		+		
	Žieminiai rugiai	+	+		+
	Žieminiai kviečiai		+		
Pašarinė	Vasariniai miežiai		+		
Norfolko	Vasariniai miežiai		+		
	Žieminiai kviečiai	+	+		+
Sideracinė	Žieminiai rugiai		+	+	
	Vasariniai miežiai		+		

#### 2.4. Tyrimų parametrai ir analizių metodai

*Agrocheminės dirvožemio analizės:*

- ✓ Organinė C (C-org) – modifikuotu Tiurino metodu. C-org įvertinama rotacijos pradžioje ir pabaigoje po derliaus nuėmimo iš kiekvieno varianto laukelių arba iš tiriamojo ploto 0-20 cm sluoksnio.



- ✓ Suminio N (Kjeldhal metodas, ISO 11261:1995) koncentracijos nustatomos CNS analizatoriumi "Elementar Vario III" (Elementar Analysensysteme GmbH, Germany) iš tiriamojo dirvožemio 0-20 cm sluoksnio
- ✓  $pH_{KCL}$  – potenciometriškai. pH įvertinamas iš tiriamojo dirvožemio 0-20 cm sluoksnio.
- ✓  $pH_{CaCl_2}$  – 0,01M  $CaCl_2$  suspensijoje potenciometrinu metodu (LST ISO 10390:2005).
- ✓ Judrieji  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  – Egnerio-Rimo-Domingo (A-L) metodu. Dirvožemis įvertinamas rotacijos pradžioje ir pabaigoje po derliaus nuėmimo iš kiekvieno varianto laukelių arba iš tiriamojo ploto 0-20 cm sluoksnio.
- ✓ Mainų kalcio ( $Ca^{2+}$ ) ir magnio ( $Mg^{2+}$ ) koncentracijos – taikant standartizuotą metodą LVP D-13:2011.
- ✓ Tiriant dirvožemio anglies tvarumą dirvožemio neapsaugotos jos dalies (labilios) charakterizavimui bus nustatytos vandenyje tirpios C ( $C_{H_2O}$ ) koncentracijos lengviausiai suskaidomoje DOM (Schulz ir kt., 1991) bei, priešingai, lėtai skaidomo humuso frakcinė sudėtis: judriosios huminės ir fulvinės rūgštys.
- ✓ Dirvožemio  $CO_2$  srautų tyrimai atliekami IRGA metodu. Dirvožemio  $CO_2$  srautų duomenys perskaičiuojami į grynosios anglies C kiekį gramais, kurį dirvožemis heterotrofinio ir autotrofinio kvėpavimo metu išskiria iš vieno  $m^2$  per vieną valandą ( $C$  g  $m^{-2}$  per valandą). Matavimai atliekami svarbiausiais žemės ūkio augalų augimo ir vystymosi tarpsniais, tuo pačiu paros metu.
- ✓ Smėlžemių ir rudžemių  $CO_2$  heterotrofinio kvėpavimo ( $CO_2$  srautų arba emisijų) 2013-2015 m. matavimus skirtingoje žemėnaudoje vykdė doktorantas Paulius Garbaravičius. Šioje ataskaitoje gauti duomenys pirmą kartą buvo verifikuoti ir aktualizuoti. Dirvožemio  $CO_2$  emisijos buvo matuotos su ACE automatizuotomis dirvožemio  $CO_2$  mainų stotelėmis (ACE automated  $CO_2$  exchange station, *BioScientific Ltd*, Jungtinė Karalystė, 2011), 9:00-18:00 valandomis, per dieną atskirame biotope atliekant 15 min. intervalu po 36 matavimus. Analizatoriaus žiedas ( $d=23$  cm) buvo smeigiamas į mineralinį dirvožemį, prieš tai pašalinus dirvožemio augalinę dangą ir miško paklotę medynuose (tarp matavimo kameros ir medžių buvo išlaikomas 1 metro atstumas). Anglies dioksido mainų stotelė matuoja dirvožemio  $CO_2$  srautą ( $N_{CER}$ ,  $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ ), dirvožemio temperatūrą ir drėgnį 2 cm gylyje.

#### *Agrofizikinės dirvožemio analizės:*

- ✓ Dirvožemio tūrinis vandens kiekis (W tūrio %) – FDR metodu su HH2-WET sensor analizatoriumi. Matavimai atliekami svarbiausiais žemės ūkio augalų augimo ir vystymosi tarpsniais, tuo pačiu metu, kaip ir dirvožemio  $CO_2$  srautų tyrimai.
- ✓ Dirvožemio porų struktūra, vandentalpa, tankis, poringumas, lauko drėgmės imlumas, augalams prieinamo vandens kiekis nustatomi sorbcijos metodu vieną kartą per tyrimų laikotarpį, t.y. 2018 m. Plieniniais cilindrais nesuardyti dirvožemio mėginiai paimami augalų (vasarinių kvietrugių) krūmijimosi tarpsnyje, iš 5-10 ir 15-20 cm dirvožemio sluoksnių.
- ✓ Mineralinio dirvožemio tankis (ISO 11272:1998).
- ✓ Granulimetrinė sudėtis (ISO 11277:2009).

#### *Mikrobiologinės analizės.*

- ✓ Anglies (C), taip pat ir azoto (N) koncentracijos dirvožemio mikrobiotos biomasėje (DMB) nustatytos, taikant išgarinimo-išsiskyrimo chloroformu metodą (ISO/DIS 14240-2:1997).

Anglies sandaupos dirvožemio mikrobiotos biomasėje (DMB-C) ( $t\ ha^{-1}$ ) apskaičiuotos, sudauginus dirvožemio tankį ( $Mg\ m^{-3}$ ) su DMB-C koncentracijomis ( $\mu g\ g^{-1}\ SM$ ).

**Anglies sekvestracijos potencialo apskaičiavimas.** Dirvožemio organinės anglies sandaupos (C sandaupos) apskaičiuotos pagal šią lygtį:

$$C\ sandaupos\ (Mg\ ha^{-1}) = C\ org.\ (g\ kg^{-1}) \times dirvožemio\ tankis\ (Mg\ m^{-3}) \times\ armens\ sluoksniu\ gylysis\ (m) \times 10$$

Anglies sekvestracijos skirtumas 0–25 cm gylyje buvo nustatytas iš konkrečios sėjomainos C sandaupų miežių, žieminių kviečių ar žieminių rugių pasėliuose atimant C sandaupas nuolatiniame juodajame pūdyme. Anglies sekvestracijos greitis (CSG) per vienerius metus buvo apskaičiuotas minėtus C sekvestracijos skirtumus padalinant iš lauko eksperimento vykdymo metų skaičiaus pagal šią lygtį (Ghimire ir kt., 2008):

$$CSG\ (kg\ C\ ha^{-1}\ m^{-1}) = \frac{C\ sandaupos\ sp - C\ sandaupos\ njp}{Lauko\ eksperimento\ vykdymo\ metų\ skaičius} \times 1000$$

Kur, C sandaupos sp = konkrečios sėjomainos C sandaupos miežių, žieminių kviečių ar žieminių rugių pasėliuose; C sandaupos njp = C sandaupas nuolatiniame juodajame pūdyme; 1000 = koeficientas perskaičiavimui į kg.

Anglies tvarkymo indeksas (CTI) apskaičiuotas pagal Blair ir kt. (1995) metodą taip:

$$CTI = Anglies\ kaupimo\ indeksas\ (CKI) \times Judrumo\ indeksas\ (JI) \times 100$$

Kur,

$$CKI = \frac{Bendras\ C\ kiekis\ tiriamame\ dirvožemyje}{Bendras\ C\ kiekis\ kontrolinio\ varianto\ dirvožemyje\ (nuolatiniame\ juodajame\ pūdyme)}$$

$$JI = \frac{C\ judrumas\ tiriamajame\ dirvožemyje}{C\ judrumas\ kontrolinio\ varianto\ dirvožemyje\ (nuolatiniame\ juodajame\ pūdyme)}$$

C judrumas yra judriųjų huminių medžiagų sandaupų ir C netirpios liekanos sandaupų santykis.

Ataskaitoje taip pat analizuojami ir aktualizuojami Nacionalinės miškų inventorizacijos (NMI) barelių (9x9 km tinklas skirtingoje žemėnaudoje) dirvožemių tyrimų duomenys.

Meteorologinės sąlygos fiksuojamos per visą tyrimų laikotarpį, remiamasi tyrimo vietovių (Dotnuvos, Kauno, Perlojos, Radviliškio) meteorologinių stočių duomenimis.

## 2.5. Meteorologinės sąlygos Dotnuvoje 2017 – 2019 m.

**2017 metų rugsėjis ir spalį** vyravo lietingi, apniukę ir vėjuoti orai (5 pav.). Vidutinė spalio mėnesio oro temperatūra buvo  $0,6^{\circ}C$  aukštesnė už daugiametį vidurkį (vidurkis  $6,8^{\circ}C$ ). Aukščiausia oro temperatūra dienomis kilo tik iki  $12,0$ – $15,0^{\circ}C$  šilumos. Tik vieną dieną aukščiausia oro temperatūra pakilo iki  $17^{\circ}C$ . Vėliau orai pradėjo vėsti. Spalio 9-ą, 20-ą, 22-ą, 24-ą ir 25-ą naktimis ore ir dirvos paviršiuje užfiksuotos šalnos iki  $1$ – $3^{\circ}C$  šalčio. Kritulių per mėnesį iškrito 180% daugiamečio vidurkio (vidurkis  $49,5\ mm$ ). Nuo spalio 22-os dienos, paros vidutinei oro temperatūrai nukritus žemiau  $5^{\circ}C$  šilumos, baigėsi aktyvioji žiemojančių augalų vegetacija.

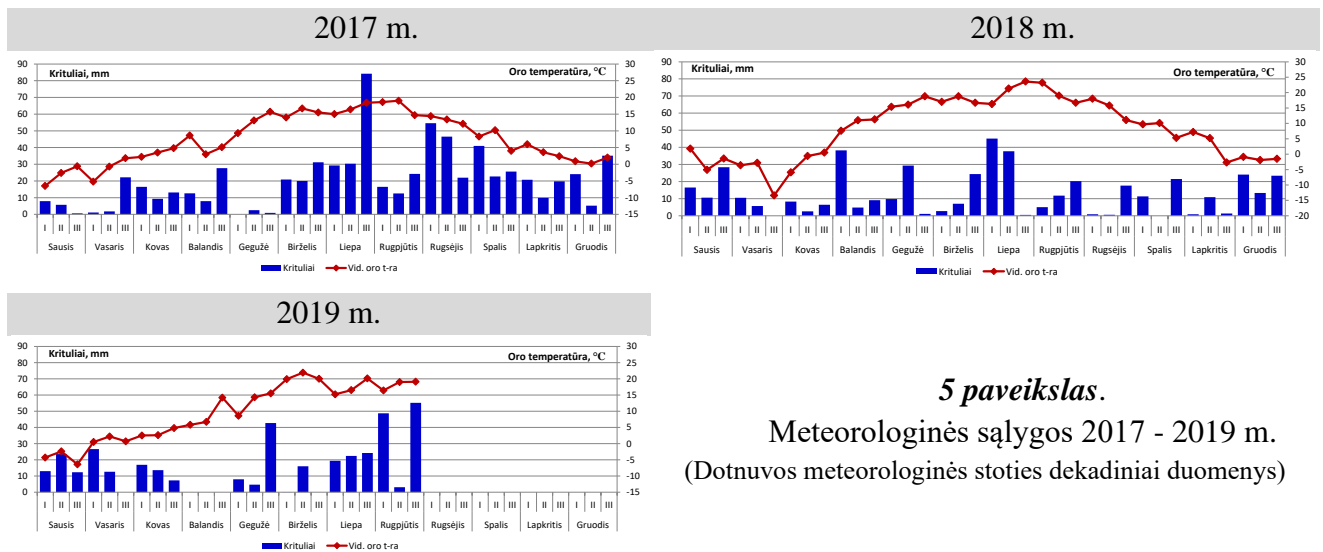
**Lapkritis** vyravo lietingi, apniukę ir vėjuoti orai. Vidutinė lapkričio mėnesio oro temperatūra buvo  $2,1^{\circ}C$  aukštesnė už daugiametį vidurkį (vidurkis  $1,9^{\circ}C$ ). Aukščiausia pakildavo net iki  $6,0$ – $10,0^{\circ}C$  šilumos. Tik trečiame dešimtadienyje orai pradėjo vėsti ir 28 dieną iškrito pirmas sniegas. Dirvos



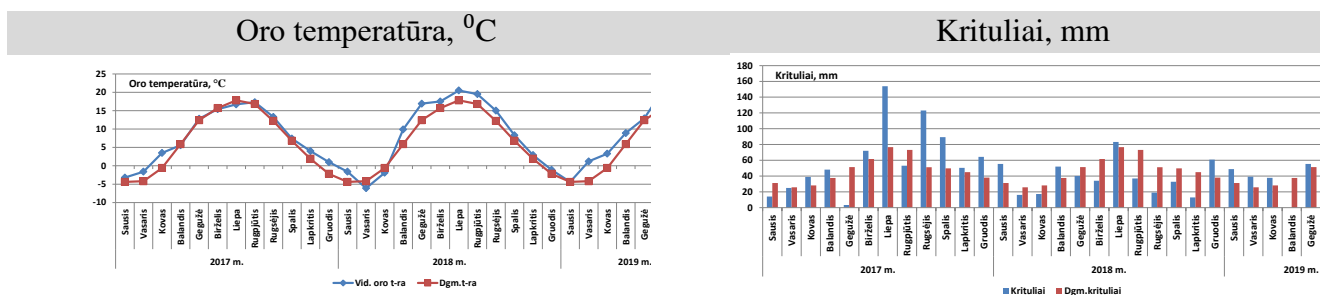
paviršius pradėjo šalti. Kritulių per mėnesį iškrito 90% daugiamečio vidurkio (vidurkis 45,4 mm). Mėnesio pabaigoje sniego dangos storis siekė 2 cm. Pradėjo formuotis įšalas.

**Gruodžio** orai buvo rudeniškai šilti, ūkanoti ir vėjuoti. Vidutinė mėnesio oro temperatūra buvo 3,2°C aukštesnė už daugiamečių vidurkį (vidurkis -2,2°C). Šiek tiek šaltesnis buvo antras dešimtadienis, kuomet susiformavo įšalas iki 5 cm. Kritulių per mėnesį iškrito 170% daugiamečio vidurkio (vidurkis 37,9 mm). Sniegas laukus dengė kelis kartus, bet esant šiltesniams ir lietingiems orams nutirpdavo.

**2018 metų sausio** pirmąjį dešimtadienį vyravo šilti ir drėgni orai (5 ir 6 pav.). Vidutinė oro temperatūra buvo 5,8°C aukštesnė nei norma (norma -3,8°C). Kritulių iškrito 16,5 mm (norma 12 mm), tai 138% normos. Dešimtadienio pabaigoje dirvos įšalo iki 4 cm. Sniego danga nesusidarė. Sausio 10 dieną laukus aptraukė plonas šerkšno sluoksnis. Antrąjį dešimtadienį vyravo šalti ir vėjuoti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 2,5°C žemesnė nei norma (norma -2,6°C). Kritulių iškrito 16,5 mm, t.y. 165% normos (norma 10 mm). Dešimtadienio pabaigoje dirvos įšalo iki 15 cm. Sausio 17-ą dieną pasnigus susidarė sniego danga. Dešimtadienio pabaigoje sniego storis laukuose buvo 9-11 cm. Sausio trečiąjį dešimtadienį vyravo šilti, ūkanoti ir vėjuoti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 1,7°C aukštesnė nei norma (norma -3,4°C). Kritulių iškrito 28,4 mm, t.y. 178% normos (norma 16 mm) Dešimtadienio pabaigoje dirvos įšalo iki 14 cm. Sausio 25-ą dieną šilumos banga ir lietus nutirpdė sniegą. Laukuose liko tik pavieniai sniego arba ledo lopai.



**5 paveikslas.**  
Meteorologinės sąlygos 2017 - 2019 m.  
(Dotnuvos meteorologinės stoties dekadiniai duomenys)



**6 paveikslas.** Tyrimų laikotarpio (2017 m. – 2019 m. ruggpjūčio mėn.) vidutinės oro temperatūros ir kritulių palyginimas su daugiamečiais duomenimis (Dotnuvos meteorologinės stoties duomenys)

**Vasario** pirmąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Pirmos 3 dešimtadienio dienos buvo šiltos. Antroje dešimtadienio pusėje oro temperatūra krito iki  $-6,8^{\circ}\text{C}$ . Vidutinė vasario oro temperatūra buvo  $-3,6^{\circ}\text{C}$ , t.y.  $0,1^{\circ}\text{C}$  žemesnė nei norma (norma  $-3,5^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 10,5 mm, t.y. 95% normos. Dešimtadienio pabaigoje dirvos įšalo iki 17 cm. Sniego dangos storis 2 cm. Vasario antrąjį dešimtadienį vyravo nebūdingi vasariui orai, išskyrus pirmą ir paskutinę dešimtadienio dieną, kai naktį temperatūra nukrito iki  $7-9^{\circ}$  šalčio. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo  $-2,8^{\circ}\text{C}$ , t.y.  $0,8^{\circ}\text{C}$  aukštesnė nei norma (norma  $-3,6^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 5,7 mm, tai 52% normos. Dešimtadienio pabaigoje dirvos įšalo iki 20 cm. Sniego dangos storis laukuose siekė 6-8 cm. Dešimtadienio pabaigoje pūtė žvarbus vėjas. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra  $-13,4^{\circ}\text{C}$ , t.y.  $10,0^{\circ}\text{C}$  žemesnė nei norma (norma  $-3,4^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito mažiau nei pusė centimetro (norma 7 mm). Dešimtadienio pabaigoje dirvos įšalo iki 28 cm. Sniego danga laukuose nepasikeitė.

**Kovo** pirmąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Vyravę šalti orai nuo kovo 7 dienos pradėjo šilti ir dešimtadienio pabaigoje net naktimis oro temperatūra išlikdavo teigiama. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo  $4,5^{\circ}\text{C}$  žemesnė nei norma (norma  $-1,4^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 8,3 mm, tai tik 83% normos. Dešimtadienio pabaigoje dirvos įšalo iki 28 cm. Sniego danga kovo 8 dieną po smarkesnio snygio siekė 9 cm. Vėliau ją naikino šiluma ir lietus ir dešimtadienio pabaigoje sniego dangos storis buvo tik 3 cm. Kovo antrąjį dešimtadienį vyravo permainingi temperatūros atžvilgiu, saulėti ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo  $0,8^{\circ}\text{C}$  žemesnė nei norma (norma  $0,2^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 2,6 mm, tai tik 22% normos. Saulė spindėjo 11 valandų ilgiau nei įprasta. Sniego danga nesusidarė. Kovo trečiąjį dešimtadienį vyravo vėsūs ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo  $1,9^{\circ}\text{C}$  žemesnė nei norma (norma  $2,4^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 6,4mm, tai tik 53% normos (norma 12 mm). Dešimtadienio pabaigoje viršutinis dirvožemio sluoksnis atitirpo 16 cm ir tapo labai drėgnas. Saulė spindėjo 6 val. ilgiau nei norma.

**Balandžio** pirmąjį dešimtadienį vyravo šilti ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo  $2,7^{\circ}\text{C}$  aukštesnė nei norma (norma  $4,9^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 273% normos (norma 14 mm). Po dviejų lietingų dienų balandžio pradžioje atitirpo įšalas. Balandžio 3 dieną užfiksuota šalna iki  $-0,5^{\circ}\text{C}$  ore ir  $-0,8^{\circ}\text{C}$  dirvos paviršiuje. Dešimtadienio pabaigoje po sausų ir saulėtų dienų viršutinis dirvos sluoksnis tapo normaliai drėgnas. Balandžio 10-11 d. prasidėjo lauko darbai. Balandžio antrąjį dešimtadienį vyravo šilti ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo  $4,6^{\circ}\text{C}$  aukštesnė nei norma (norma  $6,4^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 44% normos (norma 11 mm). Dešimtadienio pabaigoje po sausų ir saulėtų dienų viršutinis dirvos sluoksnis tapo sausas ir dirvos temperatūra pakilo iki  $11^{\circ}\text{C}$ . Orai tapo labai palankūs lauko darbams. Balandžio trečiąjį dešimtadienį vyravo šilti ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo  $1,8^{\circ}\text{C}$  aukštesnė nei norma (norma  $9,5^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 114% normos (norma 8 mm). Balandžio 23 dieną užfiksuota šalna iki  $-0,4^{\circ}\text{C}$  dirvos paviršiuje. Dešimtadienio pabaigoje po sausų ir saulėtų dienų viršutinis dirvos sluoksnis tapo sausas ir dirvos temperatūra pakilo iki  $15^{\circ}\text{C}$ .

**Gegužės** pirmąjį dešimtadienį vyravo sausi ir šilti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo  $4,2^{\circ}\text{C}$  aukštesnė nei norma (norma  $11,4^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 9,8 mm, tai sudarė 75% normos (norma 13 mm.). Gegužės 3 dieną užfiksuotas rekordas, kai aukščiausia oro temperatūra pakilo iki  $27,5^{\circ}\text{C}$ . Dėl sausų ir karštų orų dirvožemis sparčiai džiūvo, įšilo iki  $20^{\circ}\text{C}$  ir tapo labai sausas. Saulė spindėjo 58 val. ilgiau nei norma. Gegužės antrąjį dešimtadienį vyravo šilti ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo  $3,2^{\circ}\text{C}$  aukštesnė nei norma (norma  $12,9^{\circ}\text{C}$ ). Kritulių iškrito 29,3

mm, tai sudarė 183% normos (norma 16 mm). Lietingiausia buvo gegužės 17 diena, kai prilijo 19 mm daugiau nei dešimtadienio norma, viršutinis dirvos sluoksnis tapo normaliai drėgnas. Gegužės trečiąjį dešimtadienį vyravo labai šilti, sausi, saulėti ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo 4,9°C aukštesnė nei norma (norma 13,9°C). Kritulių iškrito tik 1,1 mm, tai sudarė vos 6% normos (norma 19 mm). Dėl labai sausų ir saulėtų orų viršutinis dirvos sluoksnis tapo labai sausas ir daug kur pasiekė kritinę ribą. Saulė spindėjo apie 100 val. ilgiau nei norma.

**Birželio** pirmąjį dešimtadienį vyravo labai šilti, sausi, saulėti ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo 1,6°C aukštesnė nei norma (norma 15,4°C). Kritulių iškrito tik 2,7 mm, tai sudarė 19% normos (norma 14 mm). Dėl labai sausų ir saulėtų orų viršutinio dirvos sluoksnio drėgmė buvo kritinė. Saulė spindėjo apie 70 val. ilgiau nei norma. Birželio antrąjį dešimtadienį vyravo labai šilti, sausi, saulėti ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo 3,5°C aukštesnė nei norma (norma 15,3°C). Kritulių iškrito tik 7 mm, tai sudarė 32% normos (norma 22 mm). Labai sausa buvo iki 19 dienos, bet po trumpos liūtis 19 dieną viršutinis dirvos sluoksnis tapo normaliai drėgnas. Birželio trečiąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo 16,7°C, tai 0,4°C aukštesnė nei norma (norma 16,3°C). Kritulių iškrito 24,4 mm (norma 25 mm). Lietingiausia buvo 22 ir 24 dieną, kai prilijo 11,3 mm ir 8,1 mm, bet nuo 26 dienos vėl įsivyravo sausi ir saulėti orai. Viršutinis dirvos sluoksnis greitai išdžiuvo ir dešimtadienio pabaigoje vėl tapo labai sausas. Sausringas laikotarpis, kaip pavojingas meteorologinis reiškinys, tęsėsi iki dešimtadienio pabaigos. Aukščiausia dirvožemio paviršiaus temperatūra siekė 40-46°C. Vidutinė purenamo ruožo temperatūra 10 cm gylyje svyravo apie 18-23°C, aukščiausia kilo iki 28-32°C. Dirvožemiai 20 cm gylyje šilo iki 23-28 °C. Saulė spindėjo 9 val. daugiau nei norma.

**Liepos** pirmąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Pirmos 4 dešimtadienio dienos buvo lietingos ir vėsios, likusios - sausos ir šiltos. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo 1,4°C žemesnė nei norma (norma 17,7°C). Per 3 dienas iškrito 45,1 mm kritulių, tai sudarė 282% normos (norma 16 mm). Dirvožemiai tapo normaliai drėgni. Liepos antrąjį dešimtadienį vyravo šilti ir lietingi orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo 3°C aukštesnė nei norma (norma 18,3°C). Aukščiausia dienomis pakildavo iki 22-27°C, o žemiausia nenukrisdavo žemiau 15°C. Kritulių iškrito 37,7 mm, tai sudarė 135% normos (norma 28 mm). Viršutinis dirvos sluoksnis normaliai drėgnas, vietomis šlapias. Vidutinė viršutinio 10 cm dirvos sluoksnio temperatūra svyravo apie 21-24 °C. Liepos trečiąjį dešimtadienį vyravo šilti sausi ir vėjuoti orai. Vidutinė dešimtadienio oro temperatūra buvo 5,2°C aukštesnė nei norma (norma 18,4°C). Aukščiausia dienomis pakildavo iki 29-32°C, o žemiausia nenukrisdavo žemiau 16,5°C. Kritulių iškrito 0,5 mm, tai sudarė vos 2% normos (norma 26 mm.). Viršutinis dirvos sluoksnis sparčiai džiūvo ir dešimtadienio pabaigoje tapo labai sausas. Vidutinė viršutinio 10 cm dirvos sluoksnio temperatūra svyravo apie 25-27 °C.

**Rugpjūčio** pirmąjį dešimtadienį buvo karšti vėjuoti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 4,6°C aukštesnė nei norma (norma 18,6°C). Aukščiausia dienomis pakildavo iki 25-32°C. Kritulių iškrito 5 mm (norma 17 mm), tai tik 29% normos. Viršutinis dirvos sluoksnis labai sausas. Drėgmės deficitas labai aukštas. Vidutinė purenamo ruožo temperatūra 10 cm gylyje svyravo apie 22-27 °C. Rugpjūčio antrąjį dešimtadienį buvo šilti vėjuoti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 2,5°C aukštesnė nei norma (norma 17,5°C). Aukščiausia dienomis pakildavo iki 20-29°C. Kritulių iškrito 11,8 mm (norma 19 mm), tai sudarė 62% normos. Viršutinis dirvos sluoksnis labai sausas. Vidutinė purenamo ruožo temperatūra 10 cm gylyje svyravo apie 18-22°C. Rugpjūčio trečiąjį dešimtadienį buvo šilti vėjuoti orai. Vidutinė

oro temperatūra buvo 3,7°C aukštesnė nei norma (norma 15,8°C). Aukščiausia dienomis pakildavo iki 21-29° C. Kritulių iškrito 20,2 mm (norma 26 mm), tai sudarė 78% normos. Viršutinis dirvos sluoksnis labai sausas vietomis sutrūkinėjęs. Vidutinė purenamo ruožo temperatūra 10 cm gylyje svyravo apie 16–22 °C.

**2018 m. rudu** buvo šiltas ir sausas. Vidutinė rudens mėnesių oro temperatūra buvo 1,3 °C aukštesnė už daugiamečių vidurkį (vidurkis 6,9 °C). Kritulių iškrito 262,5 mm (179% daugiamečio vidurkio).

**Rugsėji** vyravo šilti ir sausi orai. Vidutinė rugsėjo mėnesio oro temperatūra buvo 15,0 °C (vidurkis 12,2 °C). Aukščiausia oro temperatūra šį mėnesį pasiekė 28,5 °C, (rugsėjo 21 dieną). Kritulių per mėnesį iškrito 19,1 mm (vidurkis 51,3 mm).

**Spalio** pirmoje spalio pusėje vyravo sausi ir šilti orai, o antroje – lietingi, apniukę ir vėjuoti. Vidutinė mėnesio oro temperatūra buvo 8,3 °C (vidurkis 6,8 °C). Aukščiausia oro temperatūra kilo net iki 19,6 °C šilumos, o žemiausia nukrito iki -0,3 °C šalčio. Kritulių per mėnesį iškrito 32,8 mm (vidurkis 48,8 mm).

**Lapkričių** vyravo sausi ir vėjuoti orai. Vidutinė mėnesio oro temperatūra buvo 2,9 °C (vidurkis 1,9 °C). Meteorologinė žiema, arba laikotarpis, kai vidutinė paros oro temperatūra nukrinta žemiau 0 °C, šiais metais prasidėjo lapkričio 20-21 d. – vidutiniškai dviem su puse savaitės anksčiau lyginant su daugiamečiais duomenimis. Kritulių per mėnesį iškrito 13,1 mm, tai tik 29% daugiamečio vidurkio (vidurkis 45,0 mm). Vidutinė temperatūra 10 cm dirvos gylyje siekė 3-5 °C. Atšalus orams, sniego dangos nebuvo, tad daug kur sparčiai pradėjo formotis dirvos 3-8 cm gylio įšalas.

**Gruodžio** orai buvo rudeniškai šilti, ūkanoti ir vėjuoti. Vidutinė mėnesio oro temperatūra buvo -1,1 °C (daugiamečių vidurkis -2,2 °C). Kritulių per mėnesį iškrito 159% daugiamečio vidurkio (vidurkis 38,2 mm). Laukus sniegas dengė tik nuo gruodžio 17 iki 25 d. Dirvose įšalo nebuvo.

**2019 m. sausio** pirmąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 0,5°C žemesnė nei norma (norma -3,8°C). Kritulių iškrito 13 mm (norma 12mm). Sausio antrąjį dešimtadienį vyravo saulėti ir vėjuoti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 0,2°C aukštesnė nei norma (norma -2,4°C). Dirvos įšalo iki 17 cm. Trečiąjį dešimtadienį vidutinė oro temperatūra buvo 3,0°C žemesnė nei norma (norma -3,4°C). Kritulių iškrito 12,3 mm (norma 16 mm). Dirvos įšalo iki 17 cm. Dešimtadienio pabaigoje sniego danga išaugo iki 18-19 cm.

**Vasario** pirmąjį dešimtadienį vyravo šilti ir saulėti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 4,0°C aukštesnė nei norma (norma -3,5°C). Kritulių iškrito 26,6 mm, tai sudarė 242% normos (norma 11 mm). Dirvos įšalo iki 16 cm. Vasario antrąjį dešimtadienį vyravo nežemiškai šilti ir saulėti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 5,8°C aukštesnė nei norma (norma -3,6°C). Kritulių iškrito 12,6 mm (norma 11 mm). Dirvos visiškai atitirpo vasario 18 dieną. Trečiąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 3,5°C aukštesnė nei norma (norma -2,8°C). Kritulių praktiškai nebuvo (norma 7 mm).

**Kovo** pirmąjį dešimtadienį vyravo šilti ir saulėti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 3,9°C aukštesnė nei norma (norma -1,4°C). Kritulių iškrito 16,9 mm (norma 10 mm). Kovo antrąjį dešimtadienį vyravo šilti ir vėjuoti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 2,4,°C aukštesnė nei norma (norma 0,2°C). Kritulių iškrito 13,6 mm (norma 11 mm). Trečiąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 2,4,°C aukštesnė nei norma (norma 2,4°C). Kritulių iškrito 7,3 mm (norma 12 mm).

**Balandžio** pirmąjį dešimtadienį vyravo šilti, sausi ir saulėti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 0,9°C aukštesnė nei norma (norma 4,9°C). Kritulių nebuvo (norma 14 mm). Dirvos sušilo iki 6°C, viršutinis sluoksnis tapo labai sausas. Balandžio antrąjį dešimtadienį vyravo šilti, sausi ir saulėti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 0,3°C aukštesnė nei norma (norma 6,4°C). Kritulių neužfiksuota (norma 11 mm). Dirvos sušilo iki 8°C, viršutinis sluoksnis išliko labai sausas. Trečiąjį dešimtadienį vyravo šilti, sausi ir saulėti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 4,7°C aukštesnė nei norma (norma 9,5°C). Kritulių iškrito mažiau nei pusė mm (norma 8 mm). Dirvos sušilo iki 9°C, viršutinis sluoksnis išliko labai sausas. Drėgmės atsargos tapo kritinės.

**Gegužės** pirmąjį dešimtadienį vyravo permainingi, vėjuoti orai. Vid. oro temperatūra buvo 2,8°C žemesnė už normą (norma 11,4°C). Kritulių iškrito 8,0 mm (norma 13mm). Dirvos sušilo iki 12°C, viršutinis sluoksnis yra dar labai sausas. Saulė spindėjo 6 val. ilgiau nei norma. Gegužės antrąjį dešimtadienį vyravo šilti ir vėjuoti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 1,4°C aukštesnė nei norma (norma 12,9°C). Kritulių iškrito 4,7 mm, tai sudarė tik 29 % normos (norma 16 mm). Dirvos sušilo iki 19°C, viršutinis sluoksnis labai sausas. Trečiąjį dešimtadienį vyravo šilti ir lietingi orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 1,6°C aukštesnė nei norma (norma 13,9°C). Kritulių iškrito 42,7 mm, tai sudarė 225% normos (norma 19 mm). Dirvos po lietaus 28 ir 29 dieną tapo normaliai drėgnos.

**Birželio** pirmąjį dešimtadienį vyravo karšti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 4,5°C aukštesnė nei norma (norma 15,4°C). Kritulių iškrito tik 0,1 mm (norma 14mm). Dirvos sušilo iki 24°C, viršutinis sluoksnis labai sausas. Drėgmės atsargos tapo kritinės. Birželio antrąjį dešimtadienį vyravo karšti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 6,6°C aukštesnė nei norma (norma 15,3°C). Karščiausia buvo birželio 13 dieną, kai oro temperatūra pakilo iki 33,7°C. Kritulių iškrito 16 mm (72 % normos). Dirvos po lietaus 14 ir 20 dieną tapo normaliai drėgnos. Trečiąjį dešimtadienį vyravo karšti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 3,7°C aukštesnė nei norma (norma 16,3°C). Kritulių iškrito mažiau nei 0,5 mm (norma 25mm). Dirvos sušilo iki 24°C, viršutinis sluoksnis labai sausas. Drėgmės atsargos tapo kritinės.

**Liepos** pirmąjį dešimtadienį vyravo lietingi ir vėjuoti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 2,5°C žemesnė nei norma (norma 17,7°C). Kritulių iškrito 19,4 mm, tai sudarė 121 % normos (norma 16 mm). Dirvožemio temperatūra nukrito iki 17°C. Drėgmės atsargos vis dar kritinės, tik iki 3 cm dirvožemis tapo normaliai drėgnas. Liepos antrąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 1,8°C žemesnė nei norma (norma 18,3°C). Kritulių iškrito 22,4 mm, tai sudarė 80 % normos.

Dirvos sušilo iki 22-23°C. Drėgmės atsargos vis dar kritinės. Trečiąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 1,7°C aukštesnė nei norma (norma 18,4°C). Kritulių iškrito 24,2 mm, tai sudarė 93 % normos (norma 26 mm). Dirvos atvėso iki 19-20°C. Drėgmės atsargos vis dar kritinės.

**Rugpjūčio** pirmąjį dešimtadienį vyravo lietingi ir vėsūs orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 2,2°C žemesnė nei norma (norma 18,6°C). Kritulių iškrito 48,7 mm (norma 17 mm). Dirvos atvėso iki 17-18°C. Drėgmės atsargos vis dar kritinės. Rugpjūčio antrąjį dešimtadienį vyravo šilti orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 1,5°C aukštesnė nei norma (norma 17,5°C). Kritulių iškrito 3,1 mm, tai sudarė tik 19% normos (norma 19 mm). Dirvos sušilo iki 21-22°C. Rugpjūčio trečiąjį dešimtadienį vyravo permainingi orai. Vidutinė oro temperatūra buvo 3,3°C aukštesnė nei norma (norma 15,8°C). Kritulių iškrito 55,2 mm, tai sudarė 212 % normos (norma 23 mm). Dirvos po lietaus 21 ir 29 dieną tapo normaliai drėgnos.

### 3. REZULTATAI

Šalies ekosistema, žemės ūkio gamybos produktyvumas, stabilumas ir konkurencingumas bene labiausiai priklauso nuo klimato. Globaliniai žmogaus veiklos nulemti pokyčiai vyksta sparčiau nei prognozuota ir jau dabar daro esmingą poveikį daugelio šalių, tame tarpe Lietuvos, agroekosistemoms. Žemės ūkis yra viena jautriausių klimato pokyčiams ekonomikos šakų. Tokių pokyčių įtaka atskirų šalių žemės ūkiui labai skiriasi dėl didelės dirvožemio dangos įvairovės, nevienodų organinės anglies išteklių, dėl skirtingų vandens išteklių, tradicijų, naudojamų gamybos technologijų ir daugelio kitų veiksnių. Dirvožemis - iš esmės neatsinaujinantis objektas su aukštu degradacijos ir labai žemu regeneracijos laipsniu. Dirvožemio kokybė įtakoja agroekosistemos produktyvumą, sveikatingumą bei kitas ekosistemas, su kuriomis pastaroji sąveikauja. Dirvožemio kokybė priklauso nuo keleto pagrindinių veiksnių: dirvožemio savybių (tame tarpe labiausiai nuo dirvožemio organinės C išteklių), aplinkos (klimato – taip pat) bei dirvožemio naudojimo. Tačiau šio didžiojo anglies rezervuaro vaidmuo klimato kaitos, aplinkos kokybės bei dirvožemio naudojimo kontekste nėra visiškai aiškus. Todėl LR ŽŪM remtame projekte atliekami integruoti tyrimai, gvildenantys C-org sąsajas su kitomis dirvožemio savybėmis bei C-org priklausomybes nuo žemės naudmenų naudojimo būdų bei intensyvumo. Šiame Projekto etape pateikiame 2018 metų tyrimų rezultatus.

#### 3.1. C-org tvarumo tyrimai miško ir agroekosistemose

Šiame poskyryje analizuojami duomenys apie: (1) organinės anglies (C-org) tvarumo ypatumus ir sekvestraciją miško dirvožemiuose; (2) C-org sekvestraciją natūralių miškų dirvožemių profiliuose; (3) dirvožemių paplitimą skirtingoje žemėnaudoje (miško žemėje, pasėliuose ir daugiamečiuose žolyuose); (4) C-org sankaupas miško paklotėje ir daugiamečių žolynų nuokritose; (5) skeleto dalį skirtingų dirvožemių viršutiniame mineraliniame sluoksnyje; (6) smėlių ir rudžemių CO<sub>2</sub> emisijos skirtingoje žemėnaudoje.

##### 3.1.1. Organinės anglies tvarumas miško dirvožemiuose

Kaip jau minėta Įvade, sėjomainos laukuose organinė anglis (C-org) nuolat pašalinama iš sistemos, kai miškų antžeminėje biomasėje sukaupta C-org daugiausiai išnešama plynai iškertant brandžius medynus (ūkiniuose IVA grupės miškuose, pavyzdžiui, plynai kertami vyresnio nei 100 m. amžiaus pušynai). Be to, C-org iki kirtimų nuolat kaupiasi miško paklotėje su miško (daugiausia, su spyglių ar lapų) nuokritomis.

Rudžemių tyrimai, kurie buvo vykdyti LAMMC Žemdirbystės instituto ilgalaikiame eksperimente (Dotnuva) ir šalia esančiuose Dotnuvos miško parko klevyne bei Dotnuvos girininkijos beržyne, atskleidė, kad pagal granulimetrinę sudėtį, visi tirti rudžemiai buvo panašūs pagal smėlio (52,4-59,6%), dulkių (28,0-31,3%) ir molio (11,1-16,7%) dalį viršutiniuose (0-10 ir 10-20 cm) mineraliniuose sluoksniuose (4 lentelė). Lyginant skirtingas žemėnaudas, pastebėtas ryškus dirvožemio C-org ir suminio N koncentracijų skirtumas tarp dirbamos žemės ir tirtų medynų ekosistemų. Dirvožemio C-org koncentracijos 0-10 cm gylyje dirbamoje žemėje buvo vidutiniškai 2,6 ir 4,7 k. mažesnės, o suminio N – 2,4 ir 3,5 karto mažesnės negu miško parko klevyne ir mišriame beržyne, atitinkamai. Didesniame, 10-20 cm, gylyje C-org ir N vidutinės koncentracijos dirbamoje žemėje buvo apie 2 kartus mažesnės. Be to, beržyne viršutinių mineralinių sluoksnių pH buvo vidutiniškai 1,7 pH<sub>CaCl2</sub> vieneto mažesnis negu dirbamoje žemėje. Apibendrintai galima teigti, kad viršutiniame 20 cm storio mineraliniame sluoksnyje C-org žemės ūkio pasėliuose vidutiniškai buvo apie 1%, miško parko klevyne – 1,6-2,5%, o pusiau natūraliame beržyne – 2,4-4,6% C-org.

**4 lentelė.** Tirtų rudžemių (*Cambisols*) viršutinių 0-10 ir 10-20 cm mineralinių sluoksnių vidutiniai fizikiniai ir cheminiai rodikliai (Garbaravičius ir kt., 2015).

Žemėnauda	Smulkožemio granulimetrinė sudėtis, %			pH <sub>CaCL2</sub>	Suminė C-org, g kg <sup>-1</sup>	Suminis N, g kg <sup>-1</sup>
	smėlis (2 mm-63 μm)	dulkės (63-2 μm)	molis (<2 μm)			
			0-10 cm			
Dirbama žemė	57,7±0,9 a	28,0±1,2a	14,3±0,6a	6,6±0,1 b	9,6 ±1,1 a	1,0 ±0,0 a
Miško parko klevynas	54,8±1,3 a	29,1±1,3a	16,1±0,0a	6,4±0,2 b	25,2 ±2,7 b	2,4 ±0,3 b
Mišrus beržynas	57,2±4,3 a	31,3±2,3a	11,5±2,1a	4,9±0,4 a	45,5 ±7,0 c	3,5 ±0,6 b
			10-20 cm			
Dirbama žemė	54,7±1,1 a	30,8±0,7a	14,5±0,5a	6,8±0,0 b	10,0 ±1,9 a	0,9 ±0,1a
Miško parko klevynas	52,4±0,7 a	30,9±0,7a	16,7±0,1a	6,1±0,2 ab	16,4 ±1,9 b	1,7 ±0,1ab
Mišrus beržynas	59,6±5,9 a	29,3±3,9a	11,1±2,2a	5,1±0,4 a	23,5 ±3,9 c	1,9 ±0,3 b

Pastaba: Statistiškai patikimai ( $p<0,05$ ) skirtingos reikšmės skirtingoje žemėnaudoje (stulpeliuose) yra pažymėtos skirtingomis raidėmis (a, b, c).

Tirtuose rudžemiuose huminių rūgščių vidutinės koncentracijos visose žemėnaudose buvo didesnės nei fulvo rūgščių. Lyginant su dirbama žeme, miško parke ir beržyne fulvo rūgščių vidutinės koncentracijos buvo ženkliai, atitinkamai 3 ir 10 kartų, didesnės 0-10 cm sluoksnyje bei 2 ir 4 kartus didesnės – 10-20 cm sluoksnyje (5 lentelė). Miško parko klevyne ir beržyne huminių rūgščių vidutinės koncentracijos 0-10 cm sluoksnyje buvo, atitinkamai 3 ir 7 kartus, o 10-20 cm gylyje – 2 ir 4 k. didesnės negu dirbamoje žemėje. Vidutinės vandenyje tirpios arba labilios C-org koncentracijos taip pat reikšmingai skyrėsi tarp vasarinių miežių pasėlio ir abiejų tirtų medynų: 0-10 cm gylyje buvo apie 2-3 kartus, o 10-20 cm gylyje - 2,1-2,6 karto didesnės miško parke ir beržyne nei dirbamoje žemėje.

**5 lentelė.** Vidutinė humuso frakcinė sudėtis ir labilios C-org vidutinės koncentracijos tirtų rudžemių viršutiniuose mineraliniuose 0-10 ir 10-20 cm sluoksniuose (Garbaravičius ir kt., 2015).

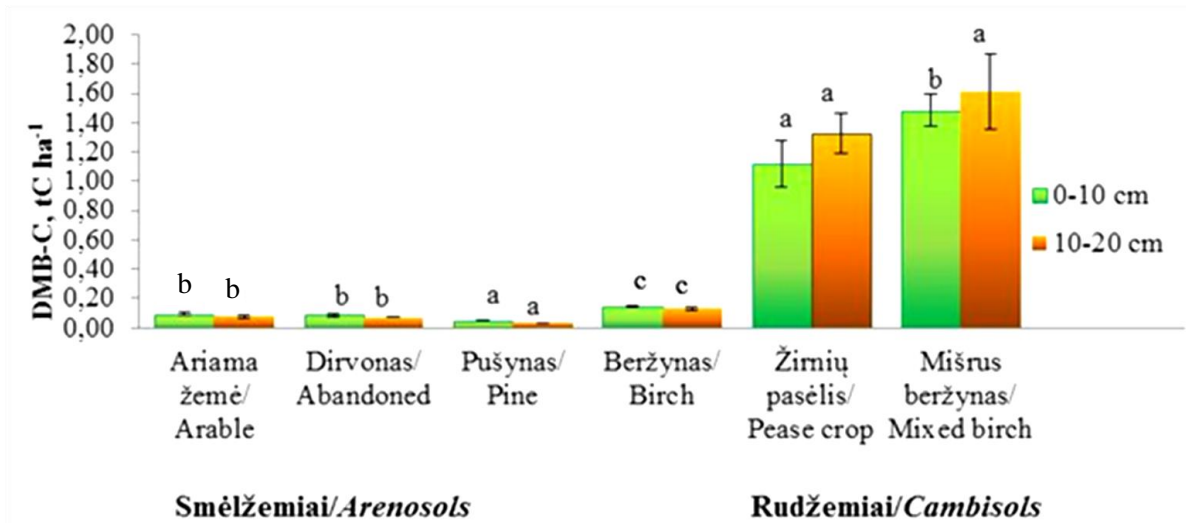
Žemėnauda	Humuso frakcinė sudėtis, %			Labili C-org, mg kg <sup>-1</sup>
	fulvo rūgštys	huminės rūgštys	netirpioji liekana	
			0-10 cm	
Dirbama žemė	0,05±0,01 a	0,17±0,01 a	99,81±0,04 c	546±42 a
Miško parko klevynas	0,16±0,01 b	0,48±0,03 b	99,36±0,02 b	1210±35 b
Mišrus beržynas	0,49±0,02 c	1,20±0,15 c	98,31±0,17 a	1727±23 c
			10-20 cm	
Dirbama žemė	0,06±0,00 a	0,14±0,02 a	99,82±0,02 c	407±34 a
Miško parko klevynas	0,12±0,01 b	0,24±0,03 a	99,64±0,04 a	853±28 b
Mišrus beržynas	0,26±0,06 b	0,57±0,07 b	99,17±0,08 b	1073±201 b

Pastaba: Statistiškai patikimai ( $p<0,05$ ) skirtingos reikšmės skirtingoje žemėnaudoje (stulpeliuose) yra pažymėtos skirtingomis raidėmis (a, b, c).

Dirvožemiuose, kuriuose mineralizuodama organines medžiagas mikrobiota sukaupia daugiau C, intensyviau vyksta humifikacija bei C kaupiama lėtai besiskaidančiame humuse.

Palyginus su mišku, dirvožemio tankis žemės ūkio naudmenose buvo didesnis (duomenys nerodomi). Tai turėjo įtakos dirvožemio mikrobiotos biomasės anglies (DMB-C) sankaupoms. Smėlžemiuose mineralinio dirvožemio 0-10 ir 10-20 cm sluoksniuose mažiausios vidutinės DMB-C

buvo pušyne (7 pav.). Tačiau palyginus su pušynu, ariamuose ar dirvonuojančiuose smėlžemiuose DMB-C vidutinės sankaupos buvo apie 2 kartus, o beržyne – 3-4 k. didesnės.



**7 paveikslas.** Dirvožemio mikrobiotos biomasės anglies (DMB-C) vidutinės sankaupos (tC ha<sup>-1</sup>) smėlžemių ir rudžemių 0-10 ir 10-20 cm mineraliniuose sluoksniuose. Statistiškai patikimai ( $p < 0,05$ ) skirtingos reikšmės atskiruose sluoksniuose yra pažymėtos skirtingomis raidėmis (a, b, c) (Muraškienė ir kt., 2014).

Rudžemiuose, kaip ir smėlžemiuose, didesnės DMB-C vidutinės sankaupos buvo ne žemės ūkio naudmenose, o mišriame beržyne (7 pav.). Tačiau beržyne 30% didesnės ( $p < 0,05$ ) DMB-C vidutinės sankaupos nustatytos tik viršutiniame 0-10 cm mineraliniame sluoksnyje.

Ne tik C-org, bet ir augalų maisto medžiagų nuostolių (išnašos) pušynuose dėl kirtimų (ugdomieji, sanitariniai ir plynieji) per 100 m. apyvertą palyginimas su šių medžiagų sankaupomis smėlžemių (Arenosols) miško paklotėje (organiniai OL+OF+OH horizontai) ir mineraliniuose horizontuose iki 1 m gylio parodytas 6 lentelėje.

Iš 3 lentelės matome, kad smėlžemiuose augančiuose pušynuose per 100 m. apyvertą su mediena ir kirtimų atliekomis miško kurui iš viso išnešama 129 t ha<sup>-1</sup> arba vidutiniškai per metus apie 1,3 t ha<sup>-1</sup> C-org. Tačiau kasmet vidutiniškai tiek pat C-org į miško paklotę pateko su pušynų, daugiausia spyglių, nuokritomis. Todėl C-org apytakos sutrikdymas dėl miško paklotės mineralizavimosi stebimas tik plynose kirtavietėse iki miško paklotės susiformavimo 15-20 m. amžiaus naujai įveistame jaunuolyne (Armolaitis ir kt., 2018).

*Derlingų rudžemių (Cambisols) tyrimai atskleidė, kad viršutiniame 20 cm storio mineraliniame sluoksnyje žemės ūkio augalų pasėliuose C-org koncentracija gali siekti tik 1%, o natūralaus miško rudžemiuose – 2,4-4,6%. Palyginus su pasėliais, dėl miško paklotės skaidymosi miške rudžemiuose buvo daugiau labilios C-org bei nustatyta didesnė dalis fulvo rūgščių humuso frakcinėje sudėtyje. Tačiau miško rudžemiuose intensyviau vyksta humifikacija ir C-org kaupimas lėtai besiskaidančiame humuse: humuse buvo daugiau huminių rūgščių, daugiau C-org kaupė dirvožemio mikrobiota.*



**6 lentelė.** C-org ir augalų maisto medžiagų nuostolių (išnašos) dėl kirtimų per 100 m. apyvertą brukniniuose pušynuose (Nbl miško augavietė) palyginimas su šių medžiagų sankaupomis miško paklotėje ir smėlžemių (*Arenosols*) mineraliniuose horizontuose (modifikuota iš Armolaitis ir kt., 2013).

Rodikliai	C-org, t ha <sup>-1</sup>	N, kg ha <sup>-1</sup>	P, kg ha <sup>-1</sup>	K, kg ha <sup>-1</sup>
Sankaupa miško paklotėje	15	523	29	31
Sankaupa smėlžemių mineraliniuose horizontuose iki 1 m gylio	44	2283	3308	8366
Suminiai nuostoliai dėl kirtimų <sup>1</sup> (mediena+miško kuras) per 100 m. apyvertą	129	445	49	170
Vidutiniai metiniai nuostoliai (mediena+miško kuras)	1,3	4,45	0,49	1,70
Vidutinės metinės iškritos su miško nuokritomis	1,3	27,2	2,5	4,6

<sup>1</sup> Tarpiniai (ugdomieji ir sanitariniai) ir pagrindiniai plynieji kirtimai.

*Žemės augalų pasėliuose C-org nuolat pašalinama iš sistemos, kai miško ekosistemose C-org daugiausiai išnešama IVA grupės ūkiniuose miškuose periodiškai plynai iškertant brandžius medynus: kas 40-60 m. - daugelio lapuočių medynus, kas 100 m. – pušynus arba net kas 120 m. - ažuolynus. Dėl to iki plynųjų kirtimų miško dirvožemiuose C-org nuolat kaupiasi su medynų (daugiausia, su spyglių ar lapų) nuokritomis. Todėl, pavyzdžiui, smėlžemiuose augančiuose pušynuose per 100 m. apyvertą miško nuokritos kompensuoja C-org išnašą plynaisiais kirtimais su mediena ir net kirtimo atliekomis miško kurui.*

### **3.1.2. Organinės anglies sekvestracija natūralių miškų dirvožemių profiliuose**

Lietuvos teritorija yra miškų zonoje, kurioje apleistos žemės ūkio naudmenos, tame tarpe ir nešienaujamos pievos, anksčiau ar vėliau savaime apželia mišku. Todėl skirtingos genezės dirvožemių C-org sekvestracijos potencialo žemės ūkio naudmenose vertinime atskirose geomorfologinėse agroekosistemose (Feiza ir kt., 2019) kontrolinius dirvožemius tikslinga parinkti šalia augančiuose miškuose. Būtina pažymėti, kad detalūs miško dirvožemių tyrimai Europos Sąjungos oro taršos poveikio miškams monitoringo ir vertinimo programos „ICP-Forests“ rėmuose Lietuvos miškuose paskutinį kartą tirti 2006 m. Europinio tinklo (16x16 km) 62-juose bareliuose (Kuliešis ir kt., 2009). Šie tyrimai 2020 m. bus vykdomi pakartotinai.

Kaip ir iki kokio gylio C-org sankaupos mažėjo dviejuose miško išplautžemiuose (jie, ypač pirmasis, tirti LAMMC Žemdirbystės instituto ilgalaikiams tyrimams artimuose Kėdainių miškų urėdijos aplinkiniuose miškuose) parodyta 4 ir 5 lentelėse su profilių ir medynų nuotraukomis. Mišriame beržyne karbonatingojo stagniškojo išplautžemio C-org sankaupos buvo nustatytos profilyje iki 47 cm gylio. Tačiau mineraliniuose horizontuose net 77% C-org buvo sukaupta viršutiniame 24 cm storio akumuliaciniame A horizonte (7 lentelė, 8 pav.).

Antrame paprastojo paprastojo karbonatingojo išplautžemio profilyje mineraliniuose horizontuose C-org buvo rasta iki dvigubai didesnio 112 cm gylio (8 lentelė, 9 pav.). Be to, iki 27 cm gylio C-org sankaupos sudarė tik 59%, kai po eliuviniu E horizontu 27-96 cm gylio iliuviniuose Bt ir Btk horizontuose susikaupė 39% mineralinių horizontų visos C-org. Galima teigti, kad anglies sekvestracijos įvertinimui tikslinga nustatyti dirvožemių C-org koncentracijas ne tik armenyje, bet ir poarmenio gilesniuose horizontuose.

**7 lentelė.** Dirvožemio organinės anglies (C-org) vidutinės koncentracijos ir sankaupos karbonatingojo stagniškojo išplautžemio (IDj6-k, LTK-99) (*Calc(ar)i-Hypostagnic Luvisol, LVj-w-cc, WRB, 2014*

(2015)) profilyje 75 m. amžiaus mišriame beržyne (rūšinė sudėtis - 5B4D1A) (Kėdainių miškų urėdijos Dotnuvos girininkija).

Horizontai	Gylis, cm	Granulometrinės sudėties klasė*	Masė**, t ha <sup>-1</sup> / tankis**, Mg m <sup>-3</sup>	pH <sub>CaCl2</sub>	C-org, g kg <sup>-1</sup>	C-org, t ha <sup>-1</sup>
OL	-1 – 0	-	2,4	5,3	351	0,84
A	0 – 24	p <sub>1</sub>	0,99	4,6	21	49,90
B <sub>1</sub>	24 – 37	p <sub>1</sub>	1,27	6,6	7	11,56
Egk	37 - 47	p <sub>1</sub>	1,27	7,5	2	2,54
Btk	47 – 118	p <sub>1</sub>	1,31	7,5	0	0,00
Bk <sub>2</sub>	118 - 140	p <sub>1</sub>	-	-	0	-

\*p<sub>1</sub> - vidutinio sunkumo priemolis; \*\*organinių horizontų masė / mineralinio dirvožemio tankis.



**8 paveikslas.** Karbonatingojo stagniškojo išplautžemio profilis 75 m. amžiaus mišriame beržyne (Kėdainių miškų urėdijos Dotnuvos girininkija).

**8 lentelė.** Dirvožemio organinės anglies (C-org) sanauja paprastojo karbonatingojo išplautžemio (IDk-p, LTDK-99) (*Hapli-Calc(ar)ic Luvisol, LVk-ha*, WRB, 2014 (2015)) profilyje 59 m. amžiaus mišriame beržyne (rūšinė sudėtis - 6B2D1U1E) (Kėdainių miškų urėdijos Lančiūnavos girininkija).

Horizontai	Gylis, cm	Granulometrinės sudėties klasė*	Masė**, t ha <sup>-1</sup> / tankis**, Mg m <sup>-3</sup>	pH <sub>CaCl2</sub>	C-org, g kg <sup>-1</sup>	C-org, t ha <sup>-1</sup>
OL(O <sub>F</sub> )	-2 – 0	-	4,7	5,5	331	1,56
A	0 – 19	p <sub>1</sub>	1,00	5,4	22	41,80
E	19 – 27	p <sub>1</sub>	1,24	5,4	10	9,92
Bt	27 – 50	sp <sub>2</sub>	1,11	7,4	9	22,98
Btk	50 – 96	p <sub>1</sub>	1,25	8,0	2	11,50
Bk <sub>1</sub>	96 – 112	sp <sub>2</sub>	-	8,0	1	2,00
Ck <sub>2</sub>	112 - 140	sp <sub>2</sub>	-	8,0	0	0,00

\*p<sub>1</sub> - vidutinio sunkumo priemolis; sp<sub>2</sub> – smėlingas sunkus priemolis; \*\*organinių horizontų masė / mineralinio dirvožemio tankis



**9 paveikslas.** Paprastojo karbonatingojo išplautžemio profilis 59 m. amžiaus mišriame beržyne (Kėdainių miškų urėdijos Lančiūnavos girininkija).

*Lietuvos teritorija yra miškų zonoje, todėl skirtingos genezės dirvožemių C-org sekvestracijos potencialo žemės ūkio naudmenose vertinime atskirose geomorfologinėse agroekosistemose kontrolinius dirvožemius tikslinga parinkti šalia augančiuose miškuose. Tam gali būti panaudoti Europos Sąjungos oro taršos poveikio miškams monitoringo ir vertinimo programos „ICP-Forests“ rėmuose Lietuvos miškuose vykdytų miško dirvožemių būklės detalių tyrimų duomenys. Tokie tyrimai paskutinį kartą vykdyti 2006 m. Europinio tinklo (16x16 km) 62-juose bareliuose, o 2020 m. bus pakartoti. Kadangi miškuose dirvožemio C-org nustatyta per visą 1,5-2 m gylį profilį, anglies sekvestracijos įvertinimui tikslinga nustatyti dirvožemių C-org koncentracijas ne tik armenyje, bet ir poarmenio gilesniuose horizontuose.*

### **3.1.3. Dirvožemiai skirtingoje žemėnaudoje Lietuvoje**

Tyrimai buvo vykdomi Nacionalinės miškų inventorizacijos (NMI) barelių (NMI trakto šiauriniuose bareliuose), kurie sistemingai (apie 9x9 km tinkle, kuriame barelis atspindi apie 8000 ha teritoriją) išdėstyti visoje Lietuvos teritorijoje. Iš viso dirvožemiai buvo identifikuoti 754 NMI skirtingos žemėnaudos bareliuose: miško žemėje – 288 (38%); pasėliuose – 248 (33%) ir daugiamečiuose žolynuose - 218 (29%) (9 lentelė). Iš Lietuvoje aptinkamų 12-os dirvožemių grupių (LTDK-99; WRB, 2014 (2015)) NMI bareliuose buvo nustatytos 9 gupės: ID – išplautžemiai + balkšvažemiai (*Luvisols* + *Retisols*) – 324 bareliai (42,5%); SD – smėlžemiai (*Arenosols*) – 170 (26,8%); RD – rudžemiai (*Cambisols*) – 123 (11,7%); PL – palvažemiai (*Planosols*) – 42 (6,0%); PD – durpžemiai (*Histosols*) – 44 (5,8%); GL – šlynžemiai (*Gleysols*) – 23 (3,8%); JD – jaurazemiai (*Podzols*) – 22 (2,9%) ir AD – salpžemiai (*Fluvisols*) – 4 bareliai (0,5%).

Lietuvos skirtingoje žemėnaudoje vyravo:

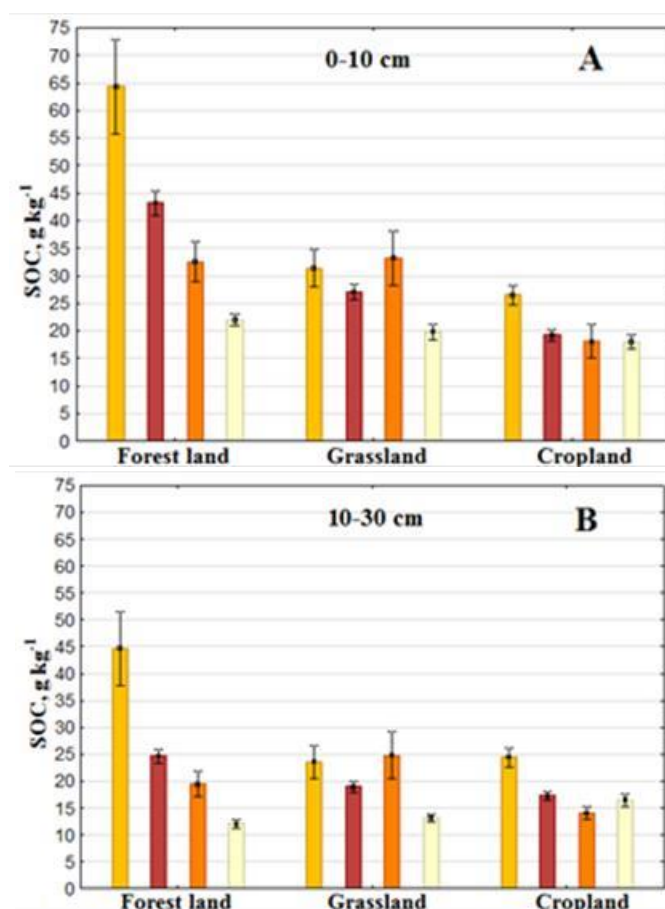
Miškuose – smėlžemiai (*Arenosols*, 32%); išplautžemiai ir balkšvažemiai (*Luvisols* and *Retisols*, 29%); durpžemiai (*Histosols*, 12%); palvažemiai (*Planosols*), šlynžemiai (*Gleysols*) ir jaurazemiai (*Podzols*) (iš viso 23%).

Pasėliuose - išplautžemiai ir balkšvažemiai (*Luvisols* and *Retisols*, 51%); rudžemiai (*Cambisols*, 32%); smėlžemiai (*Arenosols*, 10%).

Žolynuose - išplautžemiai ir balkšvažemiai (*Luvisols* and *Retisols*, 53%); smėlžemiai (*Arenosols*, 24%); rudžemiai (*Cambisols*, 16%).

**9 lentelė.** Tirtų dirvožemių grupių (LTDK-88; WRB, 2014 (2015)) procentinis skirstinys skirtingoje žemėnaudoje Lietuvoje.

Dirvožemių grupės: LTDK-99 (WRB, 2014)	Visose žemėnaudose	Miško žemė	Pasėliai	Žolynai
Išplautžemiai ir balkšvažemiai ( <i>Luvisols</i> / <i>Retisols</i> )	42,5% (n=324)	28,5% (n=82)	50,8% (n=129)	53,3% (n=113)
Smėlžemiai ( <i>Arenosols</i> )	26,8% (n=170)	31,9% (n=92)	10,2% (n=26)	24,5% (n=52)
Rudžemiai ( <i>Cambisols</i> )	11,7% (n=123)	2,8% (n=8)	31,9% (n=81)	16,1% (n=34)
Palvažemiai ( <i>Planosols</i> )	6,0% (n=42)	9,1% (n=26)	3,5% (n=9)	3,3% (n=7)
Durpžemiai ( <i>Histosols</i> )	5,8% (n=44)	12,5% (n=36)	3,2% (n=2)	0,9% (n=8)
Šlynžemiai ( <i>Gleysols</i> )	3,8% (n=23)	6,9% (n=20)	0,4% (n=1)	0,9% (n=2)
Jaurazemiai ( <i>Podzols</i> )	2,9% (n=22)	7,3% (n=21)	-	0,5% (n=1)
Salpžemiai ( <i>Fluvisols</i> )	0,5% (n=4)	1,0% (n=3)	-	0,5% (n=1)
<b>Iš viso</b>	<b>100% (n=754)</b>	<b>100% (n=288)</b>	<b>100% (n=248)</b>	<b>100% (n=218)</b>



■ -rudžemiai ■ - išplautžemiai + balkšvažemiai ■ - palvažemiai ■ - smėlžemiai

**10 paveikslas.** Skirtingų dirvožemių C-org vidutinės koncentracijos (SOC, g kg<sup>-1</sup>) viršutiniuose 0-10 ir 10-30 cm mineraliniuose sluoksniuose miško žemėje, daugiamečiuose žolynuose ir pasėliuose  
*Dirvožemių grupių skirstinys (9x9 km NMI barelių tinkle) skirtingoje žemėnaudoje atskleidė, kad Lietuvos miškuose vyrauja nederlingi smėlžemiai, o pasėliuose ir daugiamečiuose žolynuose – derlingi*

išplautžemiai ir balkšvažemiai bei rudžemiai. Tačiau, atitinkamai, apie 10 ir 24% pasėlių ir daugiamečių žolynų rasta nederlinguose smėlžemiuose, kuriuose tikslinga ar būtų galima veisti produktyvius miško želdinius. Visu pirma pasėlių reikėtų atsisakyti pačiuose nederlingiausiuose pajaurėjusiuose ir paprastuose smėlžemiuose, kuriuose C-org koncentracija armenyje neviršija 10 g kg<sup>-1</sup> arba 10%. Rekomendacijose - savaiminiai žėliniai, įteisinimas įstatymine baze.

Dirvožemio C-org sekvestracijos vertinimui skirtingoje žemėnaudoje dažniausiai palyginamos C-org sandaupos. Tačiau dirbamos žemės „būseną“ arba dirvožemio tankis labai priklauso nuo žemės dirbimo būdo ir, pavyzdžiui, gali didėti pasėliuose per vegetaciją. Todėl dažnai palyginamos dirvožemio C-org koncentracijos (Smith ir kt., 2019), ypač kai trūksta dirvožemio tankio duomenų.

Dirvožemio C-org vidutinės koncentracijos Lietuvos skirtingoje žemėnaudoje NMI 9x9 km tinkle parodytos 10 paveiksle. Matome, kad palyginus su natūraliais miško rudžemiais, daugiamečiuose žolynuose ir pasėliuose C-org koncentracijos derlingų rudžemių 0-10 cm sluoksnyje buvo vidutiniškai 2,3-2,4 k., o 10-30 cm gylyje – 1,8 karto mažesnės. Žemės ūkio naudmenose mažesni skirtumai nustatyti išplautžemiuose ir balkšvažemiuose, kuriuose C-org koncentracijos 10-30 cm sluoksnyje buvo vidutiniškai tik 27-30% mažesnės negu miškuose. Tačiau nerimą kelia tai, kad dirbamos žemės pasėliuose C-org vidutinės koncentracijos iki 30 cm gylio potencialiai derlinguose išplautžemiuose ir balkšvažemiuose (įvairavo 17,2-19,2 g kg<sup>-1</sup> ribose) buvo tik nežymiai didesnės negu nederlingų smėlžemių pasėliuose (16,4-18,0 g kg<sup>-1</sup>).

### 3.1.4. C-org sandaupos miško paklotėje ir daugiamečių žolynų nuokritose

Minėtame NMI barelių 9x9 km tinkle, skirtingose miško dirvožemių grupėse (LTDK-99, Buivydaite ir kt. 2001; WRB, 2014 (2015)) buvo nustatyta miško paklotės arba dirvožemio organinio sluoksnio (O) vidutinė suminė masė: OL – metinių miško nuokritų (angl. *forest litter*) + OF – papuvusių fragmentuotų miško nuokritų (*fragmented litter*) + OH – humifikuotų nuokritų (*humified litter*) horizontų (Cool and de Vos, 2010) visuminė masė ir C-org vidutinės sandaupos miško paklotėje (10 lentelė).

**10 lentelė.** Miško paklotės (OL+OF+OH) vidutinė masė ir C-org vidutinės sandaupos skirtinguose dirvožemiuose.

Dirvožemio grupė: LTDK-99 (WRB, 2014;(2014))	Tyrimo objektų skaičius, vnt.	Vidutinė masė, t ha <sup>-1</sup>	C-org vidutinės sandaupos, tC ha <sup>-1</sup>
Rudžemiai ( <i>Cambisols</i> )	8	4,1±0,6	1,6±0,2
Išplautžemiai ir balkšvažemiai ( <i>Luvissols + Retissols</i> )	130	13,6±2,8	5,6±1,2
Palvažemiai ( <i>Planossols</i> )	26	22,9±8,7	9,5±3,7
Smėlžemiai ( <i>Arenossols</i> )	92	15,7±1,6	6,3±0,7
Jaurazemiai ( <i>Podzols</i> )	21	58,1±15,5	25,0±6,7
Šlynžemiai ( <i>Gleysols</i> )	20	14,4±6,7	6,3±3,2
Durpžemiai ( <i>Hissossols</i> )	37	12,7±2,5	5,3±1,1
Salpžemiai ( <i>Fluissols</i> )	3	2,3±1,0	0,9±0,4

Iš 10 lentelės matome, kad miško paklotės didžiausia vidutinė masė (apie 58 t ha<sup>-1</sup>) nustatyta jaurazemiuose (*Podzols*) augančiuose miškuose. Palyginus su jaurazemiais, palvažemių (*Planossols*) miško paklotės vidutinė masė (apie 23 t ha<sup>-1</sup>) buvo 2,5 karto menkesnė, smėlžemių (*Arenossols*) ir šlynžemių (*Gleysols*) – 3,7-4 k. (apie 14-16 t ha<sup>-1</sup>), durpžemių (*Hissossols*) ir išplautžemių/balkšvažemių (*Luvissols + Retissols*), – 4,3-4,5 karto (apie 13-14 t ha<sup>-1</sup>) mažesnė. Derlingiausiuose Lietuvos miško

dirvožemiuose, rudžemiuose (*Cambisols*) ir salpžemiuose (*Fluvisols*) miško paklotės vidutinė masė buvo menkiausia, atitinkamai apie 4 ir 2 t ha<sup>-1</sup>, arba vidutiniškai apie 14 ir 25 kartus mažesnė negu nederlinguose jaurazemiuose.

Tirtų skirtingų mineralinių ir organinių dirvožemių miško paklotėje C-org koncentracijos miško paklotėje įvairavo (95% atvejų) santykinai siaurose 320-460 g kg<sup>-1</sup> ribose. Todėl C-org sankaupos miško paklotėje tiesiogiai priklausė nuo paklotės masės (7 lentelė). Didžiausia OC vidutinė sankaupa miško paklotėje nustatyta jaurazemiuose (apie 25,0 tC ha<sup>-1</sup>), o 2,6 karto mažesnė – palvažemiuose (9,5 tC ha<sup>-1</sup>), 4,0-4,7 k. – smėlžemiuose (6,3 tC ha<sup>-1</sup>), šlynžemiuose (6,3 tC ha<sup>-1</sup>), išplautžemiuose/balkšvažemiuose (5,6 tC ha<sup>-1</sup>) ir organiniuose durpžemiuose (5,3 tC ha<sup>-1</sup>). Derlinguose rudžemiuose ir salpžemiuose OC vidutinės sankaupos buvo, atitinkamai, tik 1,6 ir 0,9 tC ha<sup>-1</sup>, arba 16 ir 28 kartus mažesnės negu jaurazemiuose.

Metinės augalų nuokritos (OL horizontas) buvo rastos ir daugiamečiuose žolynuose (11 lentelė). Rudžemiuose ir smėlžemiuose nuokritų vidutinė masė žolynuose buvo 1,1-1,2 t ha<sup>-1</sup>, o C-org vidutinės sankaupos – 0,4 tC ha<sup>-1</sup>; išplautžemiuose/balkšvažemiuose ir palvažemiuose – 1,6 t ha<sup>-1</sup> ir 0,6 tC ha<sup>-1</sup>; šlynžemiuose – 3,2 t ha<sup>-1</sup> ir 1,3 tC ha<sup>-1</sup>, durpžemiuose – 5,5 t ha<sup>-1</sup> ir 2,2 tC ha<sup>-1</sup>.

**11 lentelė.** Daugiamečių žolynų nuokritų (OL horizontas) vidutinė masė ir C-org vidutinės sankaupos skirtinguose dirvožemiuose.

Dirvožemio grupė: LTKD-99 ( <i>WRB, 2014; (2015)</i> )	Tyrimo objektų skaičius, vnt.	Vidutinė masė, t ha <sup>-1</sup>	C-org vidutinės sankaupos, tC ha <sup>-1</sup>
Rudžemiai ( <i>Cambisols</i> )	34	1,1±0,2	0,4±0,1
Išplautžemiai ir balkšvažemiai ( <i>Luvissols + Retissols</i> )	113	1,6±0,1	0,6±0,1
Palvažemiai ( <i>Planossols</i> )	7	1,6±0,8	0,6±0,3
Smėlžemiai ( <i>Arenossols</i> )	52	1,2±0,2	0,4±0,1
Jaurazemiai ( <i>Podzossols</i> )	1	0,2	0,1
Šlynžemiai ( <i>Gleysossols</i> )	2	3,2±2,2	1,3±0,9
Durpžemiai ( <i>Histosossols</i> )	8	5,5±3,8	2,2±1,6
Salpžemiai ( <i>Fluvisossols</i> )	1	1,4	0,5

Kaip matyti iš 7 ir 8 lentelių, tik durpžemiuose daugiamečių žolynų nuokritų masė buvo virš 2 kartų mažesnė, o nuokritose C-org vidutinės sankaupos - apie 2,5 karto mažesnės, palyginus su durpžemių miško paklote. Tuo tarpu, palyginus su mineralinių dirvožemių miško paklotėmis, daugiamečių žolynų nuokritos C-org vidutiniškai sukaupė nuo 4 kartų (rudžemiai) iki 9 k. (išplautžemiai ir balkšvažemiai) ir 9 kartų (smėlžemiai) mažiau.

*Palyginus su miško paklote, daugiamečiuose žolynuose metinių nuokritų masė (dirvožemio OL horizontas) ir C-org sankaupos šiose nuokritose yra ženkliai mažesnės. Tačiau vertinant anglies sekvestracijos potencialą žemės ūkyje tikslinga nustatyti C-org sankaupas ir daugiamečių žolynų, ypač miglinių, metinėse nuokritose.*

### 3.1.5. Skeleto santykinė dalis skirtingų mineralinių dirvožemių 0-30 cm sluoksnyje

C-org. sankaupos miško paklotėje ir daugiamečių žolynų nuokritose apskaičiuojamos sudauginus paklotės ar nuokritų masę su C-org koncentracijomis. C-org sankaupų apskaičiavimui mineraliniame dirvožemyje siūloma taikyti lygtį, kurioje eliminuojama dirvožemio skeleto (>2 mm,  $Q_i$ , 2 mm) santykinė dalis (Veje ir kt., 2003; Vesterdal ir kt., 2008):



$$SOC_i = p_i \left(1 - \left(\frac{Q_i, 2mm}{100}\right)\right) d_i C_i * 10^{-1}$$

Čia:

$p_i$  – dirvožemio smulkožemio (<2 mm) tankis,  $g\ cm^{-3}$  ( $t\ m^{-3} = Mg\ m^{-3}$ );

$Q_i, 2\ mm$  – skeleto tūrio (>2 mm) santykinė dalis mineraliniame dirvožemyje, %;

$d_i$  – dirvožemio sluoksnio storis, cm;

$C_i$  – suminės organinės anglies koncentracija,  $mg\ g^{-1} = g\ kg^{-1}$ ;

$10^{-1}$  – daugiklis organinės anglies sankaupoms apskaičiuoti dirvožemio sluoksnyje,  $t\ ha^{-1}$  ( $10^{-9}\ mg\ Mg^{-1} \times 10^8\ cm^2\ ha^{-1}$ ).

Smulkožemio (<2 mm) vidutinis tankis ir skeleto (> 2 mm) vidutinė santykinė dalis skirtingų mineralinių dirvožemių skirtingoje žemėnaudoje pateikti 12 lentelėje.

**12 lentelė.** Smulkožemio (<2 mm) vidutinis tankis skirtingų dirvožemių viršutiniuose mineraliniuose 0-10 ir 10-30 cm sluoksniuose skirtingoje žemėnaudoje (NMI barelių 9x9 km tinklas).

Eil. Nr.	Dirvožemio grupė: LTDK-99 (WRB, 2014; (2015))	Tyrimo objektų skaičius, vnt.	Smulkožemio (<2 mm) tankis, $g\ cm^{-3}$		Skeleto (> 2 mm) santykinė dalis, %	
			0-10 cm	10-30 cm	0-10 cm	10-30 cm
Miško žemė						
1.	Rudžemiai ( <i>Cambisols</i> )	8	0,8±0,1	1,1±0,1	0,6±0,3	1,0±0,6
2.	Išplautžemiai ir balkšvažemiai ( <i>Luvisols</i> + <i>Retisols</i> )	130	1,0±0,0	1,3±0,1	0,8±0,1	1,3±0,1
3.	Palvažemiai ( <i>Planosols</i> )	26	1,1±0,0	1,3±0,0	0,8±0,2	1,4±0,3
4.	Smėlžemiai ( <i>Arenosols</i> )	92	1,2±0,0	1,4±0,0	0,9±0,1	1,2±0,2
5.	Jaurazemiai ( <i>Podzols</i> )	21	1,1±0,1	1,3±0,0	1,4±1,3	0,1±0,1
6.	Šlynžemiai ( <i>Gleysols</i> )	20	0,9±0,1	1,2±0,1	0,6±0,2	1,1±0,5
7.	Salpžemiai ( <i>Fluvisols</i> )	3	0,9±0,1	1,0±0,1	0,2±0,2	1,4±0,7
Daugiamečiai žolynai						
8.	Rudžemiai ( <i>Cambisols</i> )	34	1,2±0,0	1,3±0,0	1,5±0,4	1,7±0,4
9.	Išplautžemiai ir balkšvažemiai ( <i>Luvisols</i> + <i>Retisols</i> )	113	1,2±0,0	1,4±0,0	1,4±0,2	1,7±0,2
10.	Palvažemiai ( <i>Planosols</i> )	7	1,2±0,1	1,2±0,1	0,8±0,2	0,7±0,3
11.	Smėlžemiai ( <i>Arenosols</i> )	52	1,2±0,0	1,3±0,0	2,7±0,4	3,0±0,5
12.	Jaurazemiai ( <i>Podzols</i> )	1	1,4	1,4	-	-
13.	Šlynžemiai ( <i>Gleysols</i> )	2	0,9±0,9	1,2±0,1	0,1	0,0
14.	Salpžemiai ( <i>Fluvisols</i> )	1	1,1	1,3	0,9	2,8
Pasėliai (ariama žemė)						
15.	Rudžemiai ( <i>Cambisols</i> )	81	1,2±0,0	1,3±0,0	1,6±0,3	1,6±0,3
16.	Išplautžemiai ir balkšvažemiai ( <i>Luvisols</i> + <i>Retisols</i> )	81	1,3±0,0	1,4±0,0	1,2±0,1	1,1±0,1
17.	Palvažemiai ( <i>Planosols</i> )	9	1,3±0,0	1,4±0,1	2,2±0,5	1,4±0,2
18.	Smėlžemiai ( <i>Arenosols</i> )	26	1,2±0,0	1,3±0,0	1,9±0,5	2,1±0,5
19.	Šlynžemiai ( <i>Gleysols</i> )	1	1,2	1,4	0,0	0,0

Kaip matyti iš 9 lentelės, miško mineralinių dirvožemių viršutiniame 0-10 cm sluoksnyje smulkožemio vidutinis tankis svyravo 0,8-1,2  $g\ cm^{-3}$  ribose. Mažiausias smulkožemio tankis buvo rudžemiuose, šlynžemiuose, salpžemiuose ir išplautžemiuose/balkšvažemiuose (0,8-1,0  $g\ cm^{-3}$ ), didesnis – palvažemiuose, jaurazemiuose ir smėlžemiuose (1,1-1,2  $g\ cm^{-3}$ ). Gilesniame 10-30 cm sluoksnyje smulkožemio tankis padidėjo vidutiniškai iki 1,0-1,4  $g\ cm^{-3}$ : salpžemiuose buvo 1,0  $g\ cm^{-3}$ , rudžemiuose - 1,1  $g\ cm^{-3}$ , šlynžemiuose – 1,2  $g\ cm^{-3}$ , išplaužemiuose/balkšvažemiuose, palvažemiuose ir jaurazemiuose - 1,3  $g\ cm^{-3}$ , o smėlžemiuose - 1,4  $g\ cm^{-3}$ .

Kituose, ne miško žemėje, o žolynuose ir ariamoje žemėje tirtų dirvožemių 0-10 ir 10-30 cm mineraliniuose sluoksniuose smulkožemio vidutinis tankis daugiausiai įvairavo siaurose 1,2-1,4 g cm<sup>-3</sup> ribose (9 lentelė). Tik daugiamečiuose žolynuose šlynžemių ir salpžemių smulkožemio tankis viršutiniame 0-10 cm sluoksnyje buvo mažesnis (0,9-1,1 g cm<sup>-3</sup>) ir iš esmės nesiskyrė nuo šio tankio tuose pačiuose miško dirvožemiuose. Tačiau, palyginus su miško dirvožemiais, daugiamečiuose žolynuose ir ariamoje žemėje viršutinio 0-10 cm sluoksniu smulkožemio tankis rudžemiuose buvo vidutiniškai 1,5 karto, o išplautžemiuose/balkšvažemiuose – 20-30% didesnis. Tai sumažino apskaičiuotas DOC sankaupas šių miško dirvožemių 0-10 cm mineraliniame sluoksnyje.

Pagal tarptautinį standartą ISO 11272 mineraliniuose dirvožemiuose su 2 mm sietu nustatoma skeleto santykinė dalis. Tirtų mineralinių dirvožemių viršutiniame 0-30 cm sluoksnyje skeleto (>2 mm) santykinė dalis miško žemėje vidutiniškai sudarė daugiausia tik 1,4% (palvažemiai ir jaurazemiai), daugiamečiuose žolynuose – iki 3,0% (smėlžemiai), o ariamoje žemėje – iki 2,1-2,2% (palvažemiai ir smėlžemiai) (9 lentelė). Tai leidžia daryti prielaidą, kad daug darbo atimantis skeleto atskyrimas nuo smulkožemio (<2 mm) neturėjo esminės įtakos DOC sankaupų apskaičiavimui (DOC sankaupų sumažėjimui).

*Lietuvos skirtingų mineralinių dirvožemių viršutiniame 0-30 cm sluoksnyje skeleto (>2 mm) santykinė dalis neviršija 5%. Todėl C-org sankaupų preliminariam įvertinimui skirtingoje žemėnaudoje (miško žemė, pasėliai, daugiamečiai žolynai) skeleto atskyrimo nuo smulkožemio (<2 mm) galima atsisakyti.*

### 3.1.6. Dirvožemių CO<sub>2</sub> emisijos skirtingoje žemėnaudoje

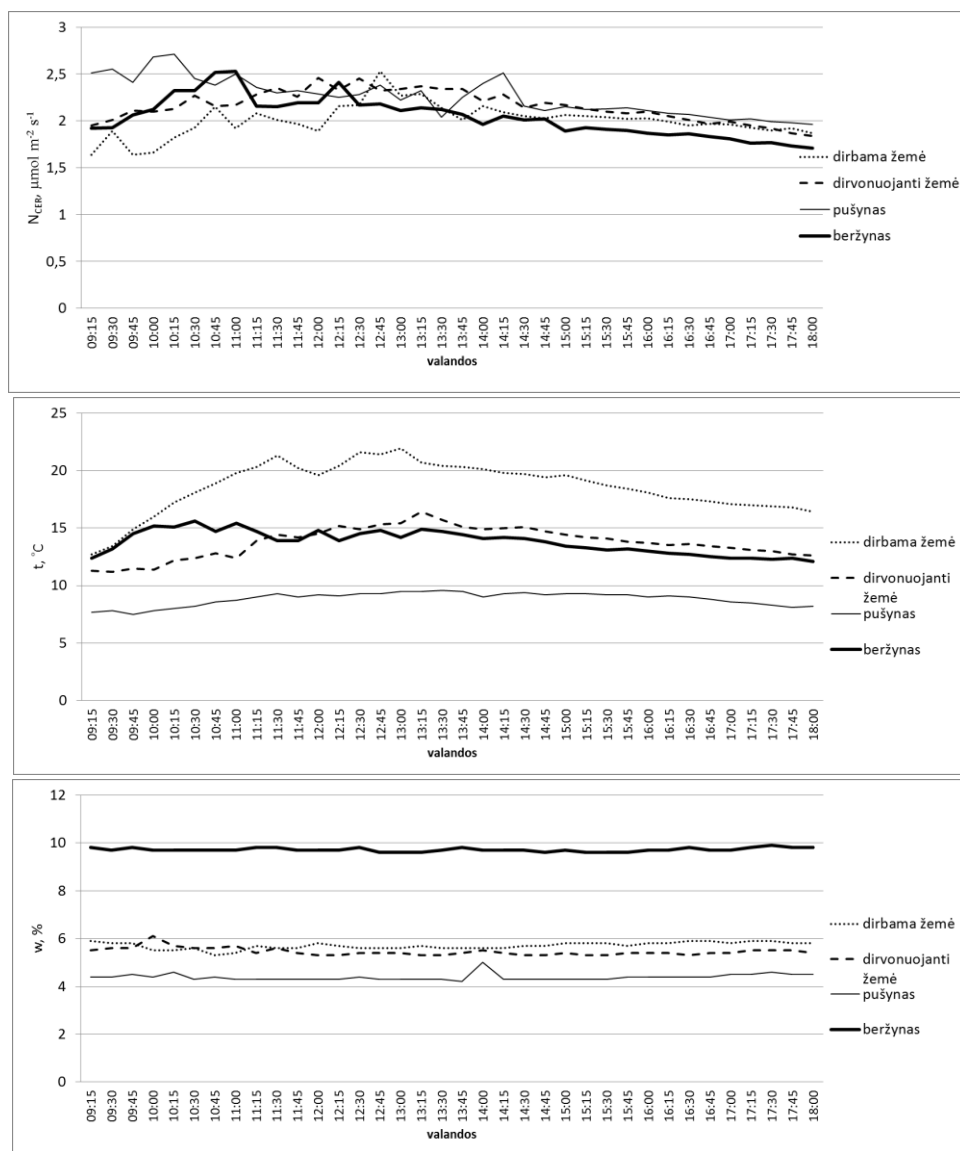
**Smėlžemių (Arenosols) CO<sub>2</sub> emisijos** buvo matuojamos LAMMC Perlojos bandymų stotyje (54°10'N, 24°25'E) esančiame Perlojos eksperimente (detaliai aprašytas Armolaitis ir kt., 2007; 2013): dirbamoje žemėje (miglinių pasėliai), dirvonoujančioje žemėje, paprastosios pušies bei karpotojo beržo medynuose.

**13 lentelė.** Meteorologinės sąlygos smėlžemių CO<sub>2</sub> emisijų matavimų metu (Varėnos hidrometeorologinės stoties duomenys).

Metai	Mėnuo	Mėnesio diena	Vidutinė paros oro temperatūra, °C
2015	Balandis	10	7,8
		11	9,5
2015	Rugpjūtis	10	22,2
		11	23,2
2013	Rugsėjis	10	12,9
		11	14,7
2014	Lapkritis	10	7,6
		11	8,5

Kaip matyti iš 13 lentelės, CO<sub>2</sub> emisijų matavimai vykdyti 10 ir 11 mėnesio dienomis 2015 metų balandį ir rugpjūtį, 2013 metų rugsėjį bei 2014 metų lapkritį. Vienu metu buvo atliekami du matavimai: 10-tą mėnesio dieną dirvonoujančioje žemėje ir pušyne, o 11-tą mėn. d. – dirbamoje žemėje ir beržyne. Gauti matavimų pirminiai duomenys parodyti 11-14 pav.



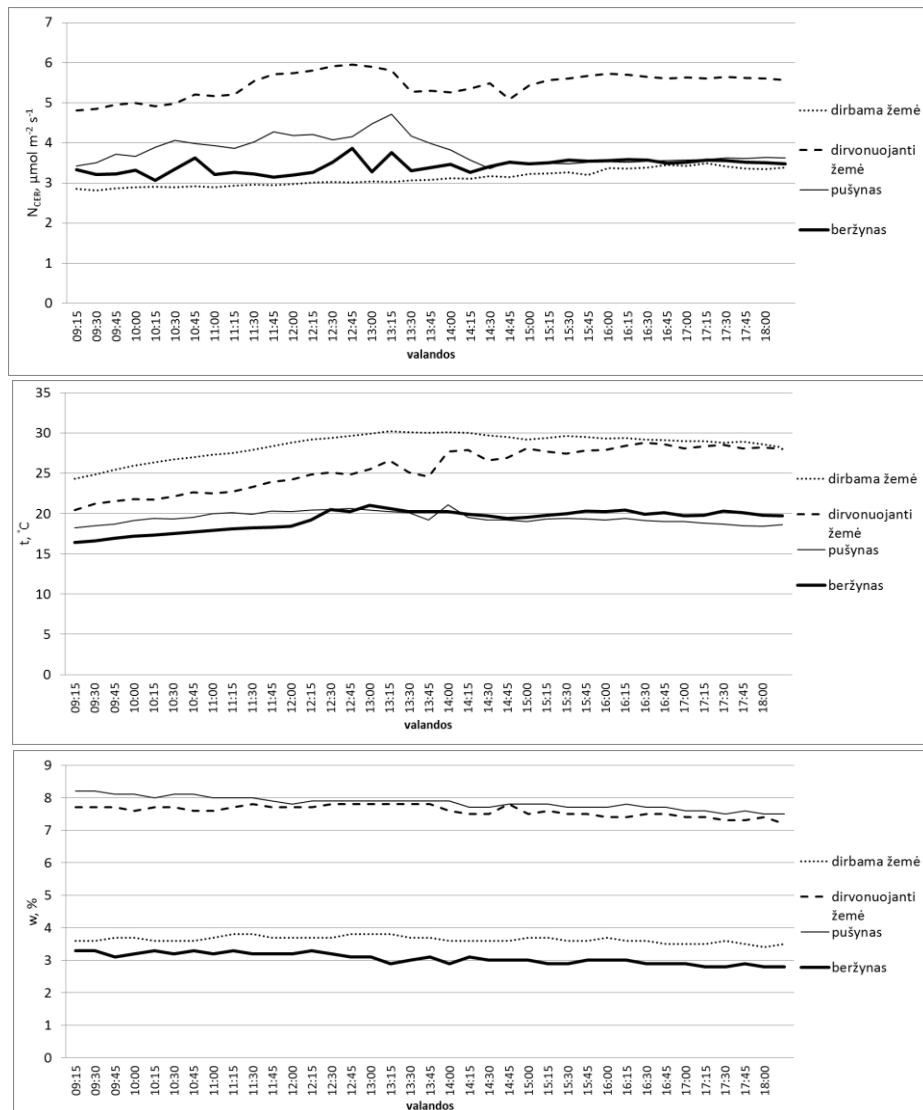


**11 paveikslas.** Smėlžemių (*Arenosols*) CO<sub>2</sub> emisijos (N<sub>CER</sub>, μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), temperatūros (t, °C) ir drėgnio (W, %) kaita balandžio mėnesio dienos valandomis skirtingoje žemėnaudoje (2015 m.)

Kaip matyti iš 11 pav., aktyviosios vegetacijos pradžioje, balandžio mėnesį (vidutinė paros oro temperatūra 7,8-9,5°C, 13 lentelė), smėlžemių CO<sub>2</sub> emisijos skirtingoje žemėnaudoje labiausiai skyrėsi pirmoje dienos pusėje. Nuo 9:00 iki 12:00 val., didžiausios CO<sub>2</sub> emisijos (vidutiniškai 2,5 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) nustatytos pušyne, o mažiausios – dirbamoje žemėje. Vėliau, 12:00-15:00 val., didžiausiomis CO<sub>2</sub> emisijos išsiskyrė pušynas ir dirvonuojanti žemė (2,3 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), o 15:00-18:00 valandomis CO<sub>2</sub> emisijos visose ekosistemose supanašėjo ir tik šiek tiek mažesnės buvo beržyne (2,0 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>).

Palyginus su CO<sub>2</sub> emisijomis, balandžio mėnesį dirvožemio temperatūros ir drėgnio skirtumai buvo ženkliai (11 pav.). Žemiausia dirvožemio temperatūra nustatyta visžaliame pušyne, o aukščiausia - dirbamoje žemėje, kuri balandį dar nebuvo padengta augalais. Per visas matavimų 9:00-18:00 valandas dirbamoje žemėje dirvožemio vidutinė temperatūra buvo 18,6°C, dirvonuojančioje žemėje ir beržyne – 13,8°C, o pušyne siekė tik 8,8°C. Dirvožemio drėgnis 9:00-18:00 valandomis visuose biotopuose iš

esmės nekito ir didžiausias buvo beržyne (9,7 %). Lyginant su drėgniu beržyne, dirbamoje žemėje jis buvo mažesnis vidutiniškai 2,2 k., dirvonuojančioje žemėje ir pušyne – 1,7-1,8 karto.



**12 paveikslas.** Smėlžemių (*Arenosols*) CO<sub>2</sub> emisijos ( $N_{CER}$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), temperatūros ( $t$ , °C) ir drėgnio ( $w$ , %) kaita rugpjūčio mėnesio dienos valandomis skirtingoje žemėnaudoje (2015 m.).

Rugpjūtį, 9:00-18:00 val., išskirtinai didžiausios CO<sub>2</sub> emisijos nustatytas dirvonuojančioje žemėje (12 pav.). Dirvonuojančioje žemėje CO<sub>2</sub> vidutinės dienos emisijos siekė  $5,46 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , kai pušyne buvo 31%, beržyne – 37%, o dirbamoje žemėje – 43% mažesnis. Išsiskiria pirmoji dienos pusė, kai 9:00-14:15 val., CO<sub>2</sub> emisijos dirvonuojančioje žemėje mažiau skyrėsi nuo kvėpavimo kitose ekosistemose: 26% mažesnis  $N_{CER}$  buvo pušyne, 37% – beržyne ir 44% – dirbamoje žemėje. Tuo tarpu 14:30-18:00 val. šis skirtumas buvo panašus, apie 37-41%, tiek pušyne ir beržyne, tiek ir dirbamoje žemėje.

Rugpjūčio mėnesį dirvožemio temperatūra dienomis, kai buvo atliekami matavimai, ryškiai skyrėsi tarp atviresnių ekosistemų ir miško biotopų (12 pav.). Vidutinė dirvožemio temperatūra pasėliuose ir dirvonuojančioje žemėje buvo 25,6-28,5°C, pušyne ir beržyne – 19,2-19,4°C. Dirvožemio

vidutinis drėgnis didžiausias buvo (7,6-7,8%) dirvonuojančioje žemėje ir pušyne. Dirbamoje žemėje ir beržyne nustatytas dirvožemio drėgnis (3,1-3,4%) buvo virš dviejų kartų menkesnis.

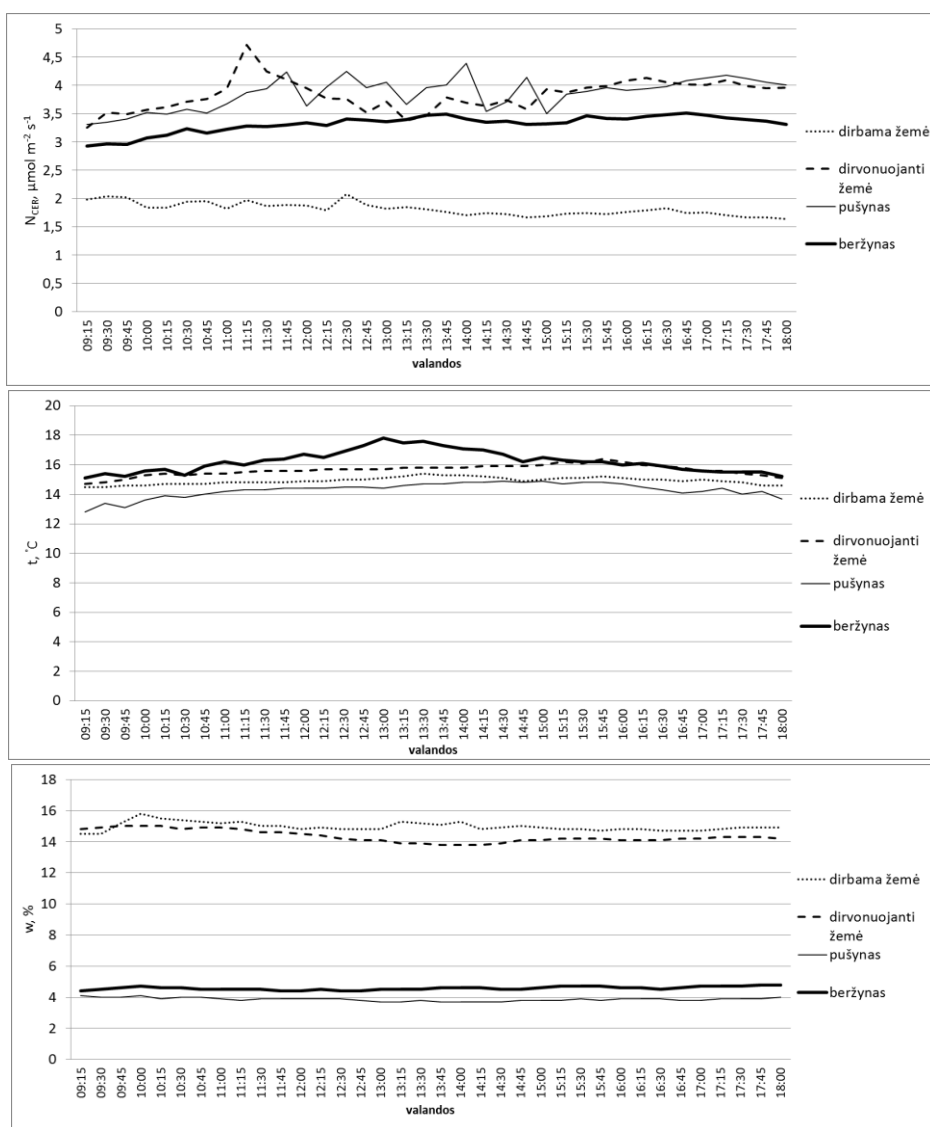
Rugsėjį didžiausias CO<sub>2</sub> emisijos nustatytos dirvonuojančioje žemėje ir pušyne, panašios, tik 13% mažesnės, buvo beržyne (13 pav.). Ženkliai mažiausias dirvožemio CO<sub>2</sub> emisijos užfiksuotos dirbamoje žemėje, kur buvo vidutiniškai apie 2 kartus menkesnės nei kituose biotopuose. Dirvožemio CO<sub>2</sub> emisijų svyravimai per visą dieną buvo nežymūs dirbamoje žemėje (1,64-2,08 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) ir beržyne (2,93-3,51 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>). Tačiau ryškesnė dirvožemio kvėpavimo kaita ryto, 9:00-11:00, ir popietinėmis, 15:15-18:00 val. užfiksuota dirvonuojančioje žemėje ir pušyne.

Rugsėjį matavimo dienomis dirvožemio temperatūra ir drėgnis atskiruose biotopuose kito ne taip ženkliai, kaip dirvožemio kvėpavimo intensyvumas (13 pav.). Didžiausia vidutinė dienos dirvožemio temperatūra buvo beržyne ir siekė 16,2°C, dirvonuojančioje žemės buvo 15,6°C, dirbamoje žemėje – 14,9°C, o pušyne – 14,3°C. Dirvožemio drėgnis labai ženkliai skyrėsi priklausomai nuo biotopo tipo. Atviruose biotopuose, dirbamoje ir dirvonuojančioje žemėje, dirvožemio drėgnis buvo apie 14-15%. Tuo tarpu miško ekosistemose, pušyne ir beržyne, vidutinis dienos valandomis dirvožemio drėgnis siekė tik 3,9 ir 4,6%, atitinkamai.

Rudens pabaigoje, lapkritį, didžiausiomis CO<sub>2</sub> emisijomis išsiskyrė smėlžemiai medynuose (14 pav.). Pušyne ir beržyne vidutinė dienos CO<sub>2</sub> emisija sudarė 1,33-1,34 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, o dirvonuojančioje žemėje buvo vidutiniškai 1,5 k. ir dirbamoje – net 2,4 karto mažesnė. Ryto 9:00-11:30 val. abiejuose tirtuose medynuose CO<sub>2</sub> emisijos tolygiai didėjo, tačiau vėlesnėmis valandomis užfiksuotos skirtingos emisijų kaitos tendencijos abiejuose medynuose. Ryte buvusios intensyvesnės CO<sub>2</sub> emisijos beržyne, apie vidurdienį tapo mažesnėmis nei pušyne, o nuo 15:15 vėl tapo intensyvesnėmis. Tuo tarpu atvirose dirbamos ir dirvonuojančios žemės ekosistemose dirvožemio kvėpavimas buvo ne toks intensyvus ir siekė, atitinkamai, vidutiniškai 0,56 ir 0,86 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>.

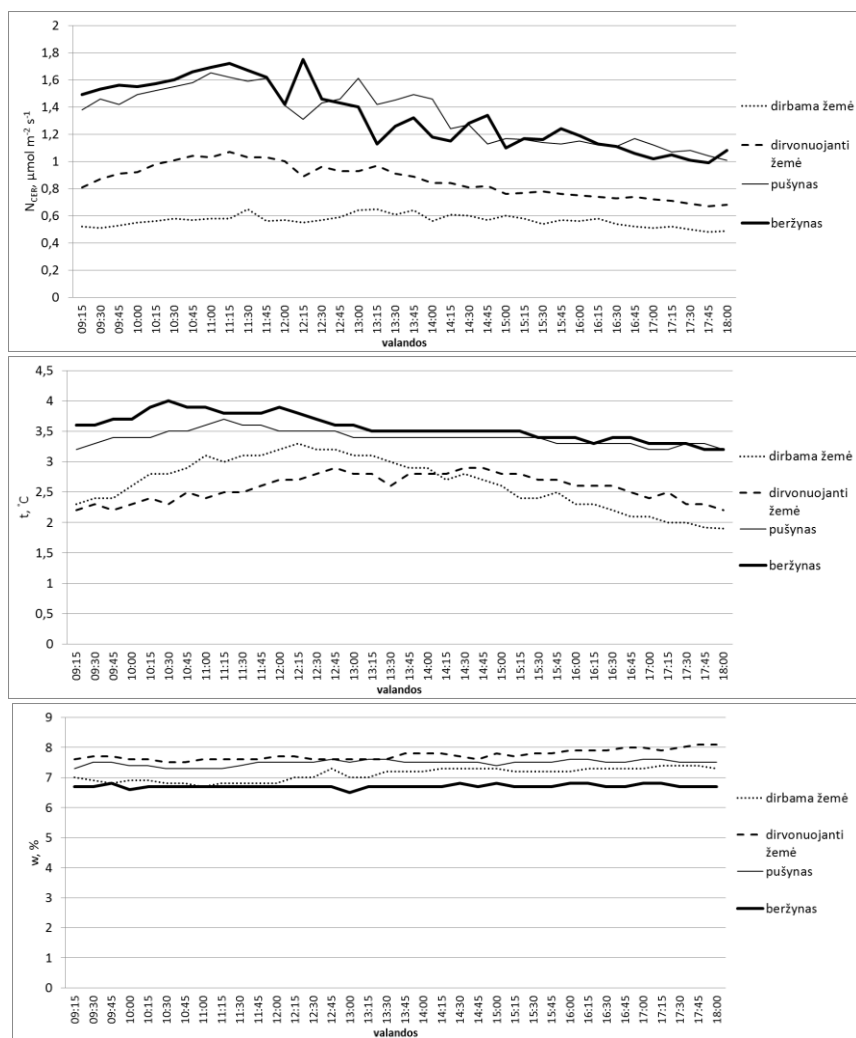
Kaip ir CO<sub>2</sub> emisijos dirvožemio temperatūra lapkričio mėnesį aukščiausia buvo tirtuose medynuose, tačiau visose tirtose ekosistemose skirtumai nebuvo dideli (14 pav.). Vidutinė dirvožemio temperatūra beržyne buvo 3,6°C, pušyne – 3,4°C, dirvonuojančioje žemėje – 2,6°C, o dirbamoje žemėje – 2,7°C. Tačiau dirvonuojančioje ir dirbamoje žemėje dirvožemio temperatūra dienos metu keitėsi labiau, nei miško ekosistemose. Pirmoje dienos pusėje, 9:15-14:00 val., didesnė temperatūra buvo dirbamoje žemėje (2,9°C) nei dirvonuojančioje (2,6°C), o vėlesnėmis valandomis užfiksuota atvirkštinė tendencija – 2,3 ir 2,6°C, atitinkamai. Dirvožemio drėgnis visose ekosistemose skyrėsi nežymiai, o ir dienos bėgyje kito nereikšmingai. Vidutinis dirvožemio drėgnis svyravo nuo 6,7% beržyne iki 7,1% dirbamoje žemėje bei 7,5-7,7% pušyne ir dirvonuojančioje žemėje.

Vertinant meteorologinių veiksnių, mūsų atveju dirvožemio temperatūros ir drėgno, įtaką dirvožemio CO<sub>2</sub> emisijoms (N<sub>CER</sub>) koreliacinė analizė atskleidė, kad didžiausią įtaką heterotrofiniam kvėpavimui turėjo dirvožemio temperatūra (14 lentelė). Pavyzdžiui, statistiškai reikšminga koreliacija tarp CO<sub>2</sub> emisijų ir dirvožemio temperatūros visose ekosistemose buvo vasarą (rugpjūtį). Didžiausias dirvožemio kvėpavimo jautrumas temperatūrai vasaros sezonu nustatytas ir L.F. Brito ir kt. (2015) studijoje, kurioje vidutinė vasaros terminio sezono temperatūra (23.9°C) buvo artima mūsų užfiksuotai temperatūrai.



**13 paveikslas.** Smėlžemių (*Arenosols*) CO<sub>2</sub> emisijos ( $N_{CER}$ ,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ), temperatūros ( $t$ , °C) ir drėgnio ( $w$ , %) kaita rugsėjo mėnesio dienos valandomis skirtingoje žemėnaudoje (2013 m.).

Daugumoje atliktų studijų taip pat buvo nustatyta, kad dirvožemio temperatūra yra pagrindinis veiksnys, darantis tiesioginę įtaką heterotrofiniam dirvožemio kvėpavimui (Singh, Gupta, 1977; Raich, Schlesinger, 1992; Lloyd, Taylor, 1994; Kaätterer ir kt., 1998). Tuo tarpu CO<sub>2</sub> emisijų ir dirvožemio drėgnio koreliacijos statistiškai reikšmingos buvo rečiau. Dažniausiai fiksuota neigiama koreliacija tarp dirvožemio CO<sub>2</sub> emisijų ir drėgnio. Tai, kad didėjantis dirvožemio drėgnis mažina mikroorganizmų aktyvumą ir augalų šaknų autotrofinį kvėpavimą nustatė ir kiti tyrėjai. Tačiau mūsų tyrimuose didžiausias dirvožemio drėgnis, kuris buvo nustatytas dirbamoje ir dirvonuojančioje žemėje lapkričio mėn., siekė vidutiniškai tik 14,3-15,0% (15 lentelė). Tuo tarpu kiti tyrėjai nustatė 20-35% dirvožemio porų užpildymo vandeniu ribą, kurią viršijus drėgnis jau ima riboti dirvožemio CO<sub>2</sub> emisijas (Varella ir kt., 2004; Goncharova ir kt., 2019).



**14 paveikslas.** Smėlžemių (*Arenosols*) CO<sub>2</sub> emisijos (N<sub>CER</sub>, μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), temperatūros (t, °C) ir drėgnio (W, %) kaita lapkričio mėnesio dienos valandomis skirtingoje žemėnaudoje (2014 m.).

Kaip matome iš 15 lentelės, smėlžemių heterotrofinis „kvėpavimas“ arba dirvožemio CO<sub>2</sub> emisijų srautas N<sub>CER</sub> skirtingoje žemėnaudoje (dirbama žemė, dirvonuojanti žemė, pušynas, beržynas) balandžio – lapkričio mėnesiais mažiausias buvo lapkričio mėnesį (tirtoje žemėnaudoje kito 0,56-1,34 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> ribose), didesnis – balandį (2,00-2,26 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), o didžiausias buvo rugsėjo (1,81-3,86 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) ir, ypač, rugpjūčio (3,12-5,46 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) mėnesiais. Vidutinių CO<sub>2</sub> emisijų skirtumai skirtingoje žemėnaudoje atskirais mėnesiais buvo nevienodi, tačiau visais mėnesiais mažiausios buvo dirbamoje žemėje. Vegetacijos pradžioje, balandžio mėnesį, smėlžemių CO<sub>2</sub> vidutinės emisijos tirtoje skirtingoje žemėnaudoje vidutiniškai skyrėsi tik iki 2-13%. Vasarą, rugpjūčio mėnesį, intensyviausias dirvožemio kvėpavimas buvo dirvonuojančioje žemėje, o kitose žemėnaudose buvo apie 30-40% mažesnis. Rudenį, rugsėjo mėnesį, didžiausios CO<sub>2</sub> vidutinės emisijos buvo medynuose, kuriuose temperatūra mažėja ne taip greitai, kaip atvirose ekosistemose, dirbamos žemės pasėliuose ar dirvonuojančioje žemėje. Palyginus su dirbama žeme CO<sub>2</sub> emisijos dirvono žolyne ir pušyne buvo vidutiniškai 2,1 k., o beržyne – 1,8 karto didesnės. Po vegetacijos periodo, lapkričio mėnesį, dirvonuojančioje žemėje CO<sub>2</sub> emisijos buvo vidutiniškai 1,5 k., o pušyne ir beržyne – 2,4 karto didesnės negu ariamoje žemėje. Per visą tyrimo laiką, balandžio – lapkričio mėnesiais, smėlžemiuose didžiausios

CO<sub>2</sub> vidutinės emisijos buvo dirvonuojančioje žemėje. Pušyne CO<sub>2</sub> emisijos buvo vidutiniškai 9%, beržyne – 18%, o dirbamoje žemėje – 39% menkesnės. Koreliacinė analizė atskleidė, kad dirvožemio kvėpavimo intensyvumas didėjo, kai didėjo dirvožemio temperatūra (ypač dirbamoje ir dirvonuojančioje žemėje rugpjūčio mėnesį) ir daugeliu atveju mažėjo sulig dirvožemio drėgnio didėjimu.

**14 lentelė.** Koreliacijos tarp smėlžemių (*Arenosols*) CO<sub>2</sub> emisijų (N<sub>CER</sub>) ir dirvožemio temperatūros bei drėgnio skirtingoje žemėnaudoje skirtingais mėnesiais.

	Dirvožemio temperatūra, °C				Dirvožemio drėgnis, %			
	Dirbama žemė	Dirvonuojanti žemė	Pušynas	Beržynas	Dirbama žemė	Dirvonuojanti žemė	Pušynas	Beržynas
N <sub>CER</sub>	0,79	0,66	-0,28	Balandis 0,85	-0,28	-0,19	0,30	-0,22
N <sub>CER</sub>	0,56	0,63	0,71	Rugpjūtis 0,60	-0,57	-0,20	0,34	-0,60
N <sub>CER</sub>	-0,38	0,30	0,36	Rugsėjis 0,48	0,11	0,01	-0,41	0,19
N <sub>CER</sub>	0,72	0,07	0,73	Lapkritis 0,90	-0,25	-0,86	-0,5	-0,29

*Pastaba: statistiškai patikimos koreliacijos (p<0,05) reikšmės paryškintos*

**15 lentelė.** Smėlžemių CO<sub>2</sub> emisijų (N<sub>CER</sub>), dirvožemio temperatūros ir drėgnio dienos (9:00-18:00 val.) vidurkiai ir jų paklaidos skirtingoje žemėnaudoje skirtingais mėnesiais.

Žemėnauda	N <sub>CER</sub> , CO <sub>2</sub> μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	Dirvožemio temperatūra, °C	Dirvožemio drėgnis, %
Balandis			
Dirbama žemė	<b>2,00±0,03 a</b> (100%)	18,6±0,4 c	5,7±0,02 c
Dirvonuojanti žemė	<b>2,16±0,03 b</b> (108%)	13,8±0,2 b	5,5±0,03 b
Pušynas	<b>2,26±0,03 c</b> (113%)	8,8±0,1 a	4,4±0,02 a
Beržynas	<b>2,04±0,04 a</b> (102%)	13,8±0,2 b	9,7±0,01 d
Rugpjūtis			
Dirbama žemė	<b>3,12±0,03 a</b> (100%)	28,5±0,3 c	3,6±0,02 b
Dirvonuojanti žemė	<b>5,46±0,05 d</b> (175%)	25,6±0,4 b	7,6±0,03 c
Pušynas	<b>3,79±0,06 c</b> (122%)	19,4±0,1 a	7,8±0,03 d
Beržynas	<b>3,42±0,03 b</b> (110%)	19,2±0,2 a	3,1±0,03 a
Rugsėjis			
Dirbama žemė	<b>1,81±0,02 a</b> (100%)	14,9±0,0 b	15,0±0,05 d
Dirvonuojanti žemė	<b>3,83±0,05 c</b> (212%)	15,6±0,1 c	14,3±0,06 c
Pušynas	<b>3,86±0,05 c</b> (213%)	14,3±0,1 a	3,9±0,02 a
Beržynas	<b>3,32±0,02 b</b> (183%)	16,2±0,1 d	4,6±0,02 b
Lapkritis			
Dirbama žemė	<b>0,56±0,01 a</b> (100%)	2,7±0,1 a	7,1±0,04 b
Dirvonuojanti žemė	<b>0,86±0,02 b</b> (154%)	2,6±0,0 a	7,7±0,03 d
Pušynas	<b>1,33±0,09 c</b> (237%)	3,4±0,0 b	7,5±0,02 c
Beržynas	<b>1,34±0,04 c</b> (239%)	3,6±0,0 c	6,7±0,01 a

*Pastaba: Statistiškai patikimai (p<0,05) skirtingos reikšmės skirtingoje žemėnaudoje (stulpeliuose) yra pažymėtos skirtingomis raidėmis (a, b, c ir d).*

*Skirtingoje žemėnaudoje (dirbamos žemės pasėliai, dirvonuojančios žemės žolynai, miško žemė) balandžio – lapkričio mėnesiais smėlžemių heterotrofinis kvėpavimas arba CO<sub>2</sub> emisijos vidutiniškai buvo mažiausios buvo dirbamoje žemėje, medynuose, beržyne ir pušyne, buvo, atitinkami, 35 ir 50%, o dirvonuojančios žemės žolyne – 64% didesnės. Mažiausi skirtumai nustatyti vegetacijos pradžioje, o didžiausi – rugsėjo ir lapkričio mėnesiais. Koreliacinė analizė atskleidė, kad dirvožemio kvėpavimo*

intensyvumas didėjo, kai didėjo dirvožemio temperatūra (ypač dirbamoje ir dirvonuojančioje žemėje rugpjūčio mėnesį) ir daugeliu atveju mažėjo sulig dirvožemio drėgnio didėjimu.

Gautus CO<sub>2</sub> emisijų vidutinius duomenis ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) galima perskaičiuoti į CO<sub>2</sub>-C kg ha<sup>-1</sup> val.<sup>-1</sup> emisijas pagal tokią lygtį:

$$X=Y*12.0107/1000000*3600*10,$$

Čia:

X – CO<sub>2</sub>-C, kg ha<sup>-1</sup> val.<sup>-1</sup>;

Y – CO<sub>2</sub>,  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Apskaičiuotos smėlžemių CO<sub>2</sub>-C vidutinė emisijos (kgC ha<sup>-1</sup> val.<sup>-1</sup>) parodytos 16 lentelėje.

**16 lentelė.** Smėlžemių CO<sub>2</sub>-C emisijų, dirvožemio temperatūros ir drėgnio dienos (9:00-18:00 val.) vidurkiai ir jų paklaidos skirtingoje žemėnaudoje skirtingais mėnesiais.

Žemėnauda	CO <sub>2</sub> -C, kg ha <sup>-1</sup> val. <sup>-1</sup>	Dirvožemio temperatūra, °C	Dirvožemio drėgnis, %
Balandis			
Dirbama žemė	0,867±0,013 a	18,6±0,4 c	5,7±0,02 c
Dirvonuojanti žemė	0,933±0,011 b	13,8±0,2 b	5,5±0,03 b
Pušynas	0,975±0,015 c	8,8±0,1 a	4,4±0,02 a
Beržynas	0,882±0,015 a	13,8±0,2 b	9,7±0,01 d
Rugpjūtis			
Dirbama žemė	1,351±0,015 a	28,5±0,3 c	3,6±0,02 b
Dirvonuojanti žemė	2,359±0,023 d	25,6±0,4 b	7,6±0,03 c
Pušynas	1,640±0,024 c	19,4±0,1 a	7,8±0,03 d
Beržynas	1,480±0,013 b	19,2±0,2 a	3,1±0,03 a
Rugsėjis			
Dirbama žemė	0,785±0,008 a	14,9±0,0 b	15,0±0,05 d
Dirvonuojanti žemė	1,657±0,020 c	15,6±0,1 c	14,3±0,06 c
Pušynas	1,667±0,020 c	14,3±0,1 a	3,9±0,02 a
Beržynas	1,435±0,011 b	16,2±0,1 d	4,6±0,02 b
Lapkritis			
Dirbama žemė	0,244±0,003 a	2,7±0,1 a	7,1±0,04 b
Dirvonuojanti žemė	0,372±0,009 b	2,6±0,0 a	7,7±0,03 d
Pušynas	0,577±0,014 c	3,4±0,0 b	7,5±0,02 c
Beržynas	0,578±0,017 c	3,6±0,0 c	6,7±0,01 a

*Pastaba: Statistiškai patikimai ( $p < 0,05$ ) skirtingos reikšmės skirtingoje žemėnaudoje (stulpeliuose) yra pažymėtos skirtingomis raidėmis (a, b, c ir d).*

Iš 16 lentelėje parodytų duomenų galima, nors ir gana apytiksliai bei preliminariai, apskaičiuoti smėlžemių metines CO<sub>2</sub> emisijas, pavydžiui CO<sub>2</sub>-C t ha<sup>-1</sup> per metus. Tam tenka padaryti prielaidą, kad balandžio ir gegužės bei birželio, liepos ir rugpjūčio, taip pat rugsėjo ir spalio ar lapkričio ir kovo mėnesiais dirvožemio CO<sub>2</sub> emisijos ženkliai nesiskyrė. Remdamiesi šią prielaidą apskaičiavome, kad dienos 9-18 valandomis dirbamoje žemėje CO<sub>2</sub> metinės emisijos siekė 2,82 tC ha<sup>-1</sup> per metus. Labai plačioje studijoje S. Chen ir kt. (2010) apibendrinę 52 tyrimus įvairiuose pasaulio kraštuose nustatė, kad globaliai CO<sub>2</sub>-C emisija ariamoje žemėje vidutiniškai sudarė 5,2 tC ha<sup>-1</sup> per metus arba beveik 2 kartus buvo didesnė negu mūsų smėlžemių tyrimuose. Tačiau būtina pažymėti, kad šioje studijoje buvo analizuoti duomenys dažniausiai gauti šiltesniuose kraštuose ir svyravo 1,8-15,8 tC ha<sup>-1</sup> per metus intervale, į kurį patenka ir mūsų apskaičiuoti duomenys.

Minėtoje gausius duomenis apibendrinančioje studijoje (Chen ir kt., 2010) taip pat teigiama, kad, palyginus su dirbama žeme, globaliai CO<sub>2</sub>-C metinė emisija daugiamečiuose žolynuose buvo

vidutiniškai 62%, o miškuose – 90% didesnė. Mūsų tyrimuose gautas panašus skirstinys: CO<sub>2</sub>-C emisijos dirvonuojančioje žemėje buvo 64%, pušyne – 50%, o beržyne – 35% didesnės nei dirbamoje žemėje (žiūr. 16 lentelę).

Dabar Lietuvoje ir kitose šalyse šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD), tarpe jų ir CO<sub>2</sub>, emisijų pokyčiai skirtingoje žemėnaudoje vertinami tik nusausintuose durpžemiuose (Histosols). Tam yra taikomos bendrosios ŠESD metinių emisijų vertės. Pavyzdžiui, ši vertė nusausintuose ariamuose durpžemiuose prilyginta 5,0 tCO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> per metus (IPCC, 2006). Mūsų tyrimai atskleidė, kad ir ariamuose smėlžemiuose CO<sub>2</sub> gali būti ženkli (2,82 tCO<sub>2</sub>-C ha<sup>-1</sup> per metus), santykinai tik 44% mažesnė negu organiniuose dirvožemiuose.

*Tyrimai atskleidė, kad CO<sub>2</sub> emisijų pokyčiai skirtingoje žemėnaudoje (dirbamos žemės pasėliuose, daugiamečiuose žolynuose, miško žemėje) gali būti vertinami ne tik nusausintuose durpžemiuose (Histosols), bet ir smėlžemiuose (Arenosols). Tam papildomoje studijoje modeliuojant turimus duomenis tikslinga nustatyti skirtingai žemėnaudai smėlžemių CO<sub>2</sub> emisijų nacionalines vertes.*

**Rudžemių (Cambisols) CO<sub>2</sub> emisijos** buvo tiriamos dirbamoje žemėje, miško parko klevyne ir mišriame beržyne (17 lentelė). Kaip ir smėlžemių tyrimuose, mažiausios rudžemių CO<sub>2</sub> emisijos nustatytos dirbamoje žemėje. Palyginus su dirbama žeme, klevyne ir beržyne vasarą CO<sub>2</sub> emisijos buvo vidutiniškai 42%, o rudenį – 73-90% didesnės. Koreliacinė analizė atskleidė, kad nors tirtoje skirtingoje žemėnaudoje rudžemių CO<sub>2</sub> emisijos turėjo stiprų statistiškai patikimą ryšį su dirvožemio temperatūra ( $r=0,77$ ,  $p<0,05$ ), didesnę įtaka dirvožemio kvėpavimui darė drėgnis ( $r= -0,90$ ,  $p<0,05$ ). Būtina pažymėti, kad, palyginus su smėlžemiais, dirbamoje žemėje ir beržynuose rudžemių CO<sub>2</sub> emisijos vasarą buvo vidutiniškai 21-60%, rudenį – 58-67% mažesnės.

**17 lentelė.** Rudžemių CO<sub>2</sub> emisijų (N<sub>CER</sub>), dirvožemio temperatūros ir drėgnio dienos (9:00-18:00 val.) vidurkiai ir jų paklaidos skirtingoje žemėnaudoje vasarą ir rudenį.

Žemėnauda	N <sub>CER</sub> , μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>	Dirvožemio temperatūra, °C	Dirvožemio drėgnis, %
Vasara			
Dirbama žemė	1,98±0,07 a	29,1±0,4 c	7,2±0,1 b
Miško parko klevynas	2,82±0,04 b	23,6±0,7 b	5,8±0,2 a
Mišrus beržynas	2,82±0,02 b	21,9±0,9 a	6,1±0,2 a
Ruduo			
Dirbama žemė	1,15±0,06 a	12,0±0,7 a	7,8±0,1 b
Miško parko klevynas	2,18±0,02 c	11,9±0,4 a	6,5±0,1 a
Mišrus beržynas	1,99±0,03 b	12,5±0,5 a	8,0±0,1 b

*Pastaba: Statistiškai patikimai ( $p<0,05$ ) skirtingos reikšmės skirtingoje žemėnaudoje (stulpeliuose) yra pažymėtos skirtingomis raidėmis (a, b, c).*

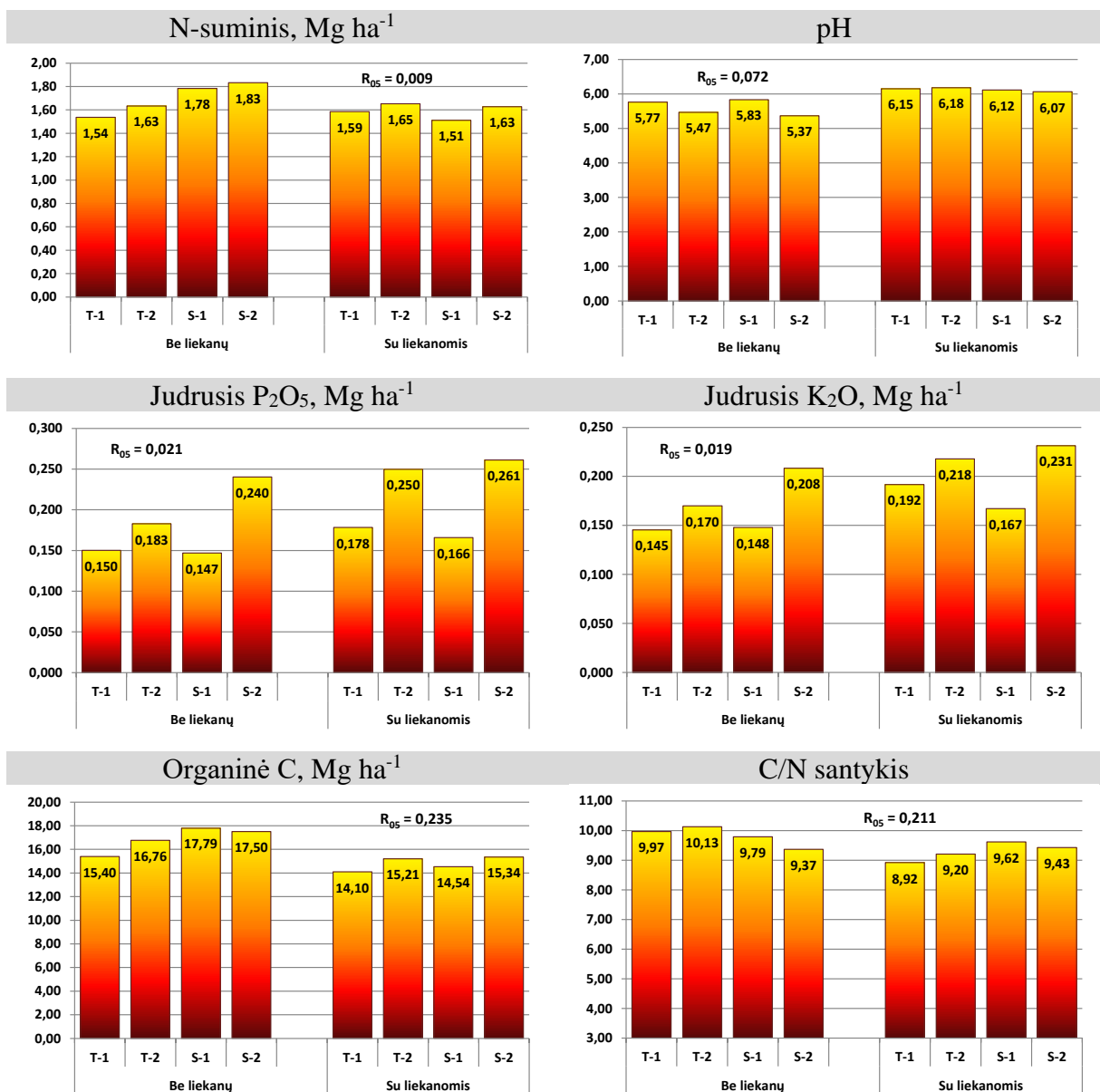
*Skirtingoje žemėnaudoje rudžemių (taip pat kaip ir smėlžemių) CO<sub>2</sub> emisijos vasarą ir rudenį buvo mažiausios dirbamoje žemėje ir 54-60% didesnės miško žemėje. Palyginus su nederlingais smėlžemiais, derlinguose rudžemiuose CO<sub>2</sub> emisijos buvo vidutiniškai nuo 21 iki 67% mažesnės. Tam įtakos galėjo turėti tai, kad priešingai negu smėlžemiuose rudžemių heterotrofinis kvėpavimas labiau priklausė ne nuo dirvožemio temperatūros, o nuo dirvožemio drėgnio.*

## 3.2. Tyrimų LAMMC Žemdirbystės institute rezultatai

### 3.2.1. Ilgametis žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimentas



**Dirvožemio agrocheminė kokybė.** ŽŪM remiamo Projekto vykdymo laikotarpis sutampa su 19-21-aisiais žemės dirbimo-tręšimo sistemų ilgamečio eksperimento tyrimo metais. Per dvejus metus (nuo 2017 iki 2019 m.) neįvyko esminių dirvožemio agrocheminių savybių pokyčių. Skaitmeninės rodiklių reikšmės liko tokios pačios arba beveik tokios pačios (15 pav.). N-sum, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O bei C-org duomenis perskaičiavome pagal tūrinę masę ir pateikiame masės vienetais viename hektare.



**15 paveikslas.** Dirvožemio agrocheminiai rodikliai ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente, 0-20 cm sluoksnyje (2017-2019 m.).

Čia: T-1 – tradicinis žemės dirbimas, netręšta, T-2 – tradicinis žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis, S-1 – supaprastintas žemės dirbimas, netręšta, S-2 - supaprastintas žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis

Ilgametis skirtingo žemės dirbimo taikymas lėmė skirtingus judriųjų P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir K<sub>2</sub>O, pH, organinės anglies (C-org), suminio azoto (N-sum) kiekius armenyje. Projekto metais, smėlingame lengvame priemolyje, dviejose žemės dirbimo sistemose (T - tradicinis žemės dirbimas, S – Supaprastintas neariminis žemės dirbimas) vidutinis pH nesiskyrė. Šiaudų įterpimas pH rodiklį padidino vidutiniškai

9%. Tręšimas mineralinėmis trąšomis, šiaudus iš lauko pašalinant, lėmė 5-7% mažesnę pH, o šiaudus paliekant lauke iš esmės nepakito.

Suminio azoto kiekis (N-sum), įterpus šiaudus, T sistemoje iš esmės nepakito, tačiau S sistemoje sumažėjo 11-15%, palyginus su fonu be šiaudų. Reikia pažymėti, kad S ilgalaikis taikymas tik fone be šiaudų N-sum kiekį padidino 12-16%, palyginus su T sistemos taikymu. Tręšimas mineralinėmis NPK trąšomis T žemės dirbimo sistemoje lėmė 4-6% didesnę, o S sistemoje 3-8% didesnę dirvožemio azotumą nei netręšiant.

Judriojo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kiekis, fone be liekanų buvo esmingai (31%) didesnis S žemės dirbimo sistemoje nei T, o fone su liekanomis beveik nesiskyrė. Tręšimas fone be liekanų lėmė didesnę P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kiekį: T sistemoje 22%, S sistemoje 63%, o fone su liekanomis – atitinkamai 40% ir 58% didesnę fosforingumą nei netręšiant. Visgi, įterptų šiaudų reikšmė daug didesnė buvo T žemės dirbimo sistemoje – joje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kiekis, kasmet įterpiant šiaudus buvo 19-37% didesnis nei neįterpiant, tuo tarpu S sistemoje P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kiekio padidėjimas tesiekė 9-13%.

Judriojo K<sub>2</sub>O kiekis, įterpiant šiaudus padidėjo 28-32% T sistemoje ir tik 9-13% S sistemoje, palyginus su fonu be šiaudų. Seklus neariminis žemės dirbimas (S sistema) K<sub>2</sub>O sankaupų padidėjimui pranašesnis už T sistemos taikymą buvo tik fone be šiaudų. Tačiau tręšimas, į terpiant tokį patį mineralinių trąšų kiekį, efektyvesnis buvo S sistemoje – joje K<sub>2</sub>O kiekis padidėjo 39-41%, o T sistemoje tik 14-17%, palyginus su netręšiamu fonu.

Dirvožemio C-org kiekis priklausė nuo kompleksinio žemės dirbimo-tręšimo-šiaudų panaudojimo veikimo. Šiaudų įterpimas T sistemoje iš esmės nepakeitė C-org sankaupų, o S sistemoje jos sumažėjo 11-15%, palyginus su fonu be šiaudų. Seklaus neariminio žemės dirbimo (S sistema) taikymas iš lauko pašalinant šiaudus lėmė 12-16% didesnę C-org kiekį nei T sistemoje. Tačiau šiaudus įterpiant C-org kiekis T ir S sistemose buvo panašus. Tręšimas fone be liekanų lėmė 9% didesnę C-org kiekį nei netręšiant, o S sistemoje beveik nepakito. Tręšiant mineralinėmis trąšomis, fone su liekanomis C-org kiekis S sistemoje padidėjo 8%, o T sistemoje vos 4%.

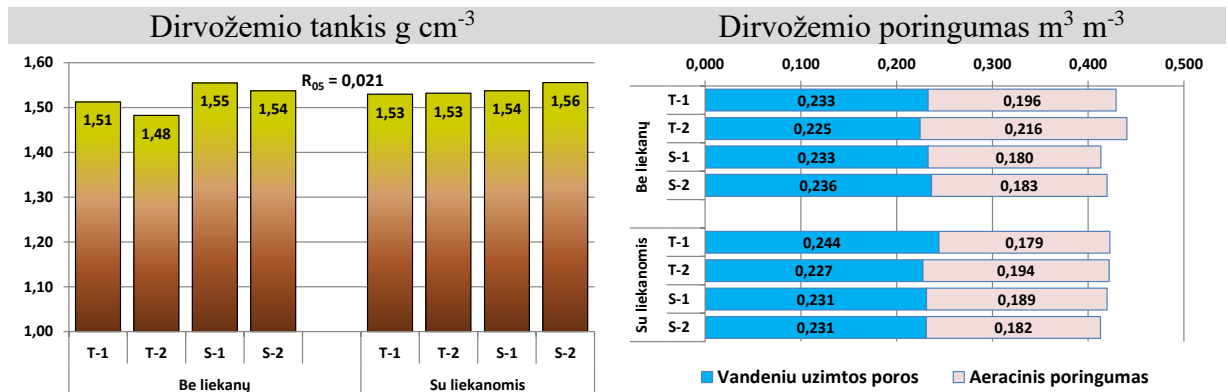
Geriausiai organinės medžiagos irimo intensyvumą nusako santykis C/N. Kuo organinė medžiaga turi didesnę C su N santykį, tuo ilgiau ji pūva dirvožemyje. Nurodoma, kad lėtas organinės medžiagos irimas esti tada, kai santykis C:N yra 30:1 ir didesnis. Mūsų eksperimente šis santykis buvo nedidelis ir visame armenyje kito nuo 8,92 iki 10,13. Vadinasi, mineralizacija ir organinės medžiagos irimas visame bandyme vyko pakankamai intensyviai. Taigi, dirvožemio C-org ir N-sum koncentracijos ir kaupimosi pobūdis armenyje skirtingose žemės dirbimo ir šiaudų naudojimo būdų sistemose nulėmė C/N santykį. Fone be šiaudų intensyviau organinės medžiagos irimas armenyje vyko seklaus neariminio žemės dirbimo sistemoje (S; C/N svyravo nuo 9,37 iki 9,79), o fone su šiaudais – tradicinio žemės dirbimo (T) sistemoje. Tręšimas mineralinėmis NPK trąšomis šį rodiklį 2-4% sumažino tik S sistemoje. Šiaudų įterpimas S sistemoje C/N santykio nepakeitė, tačiau T sistemoje jis sumažėjo 9-11%.

**Dirvožemio tankis ir poringumas.** Armens tankis ir bendrasis poringumas esmingai priklausė tik nuo žemės dirbimo. Tankis esminiai didesnis, o bendrasis poringumas esminiai mažesnis buvo supaprastinto neariminio (S) žemės dirbimo sistemoje (16 pav.). Šiaudų naudojimo būdų ir tręšimo mineralinėmis NPK trąšomis įtaka šiems rodikliams buvo neesminė.

Armens aeracinis poringumas (AP) nepriklausė nuo šiaudų naudojimo būdo. Jis T ir S žemės dirbimo sistemose buvo panašus – atitinkamai 0,194 ir 0,186 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>. Ilgalaikis supaprastintas žemės dirbimas (S) lėmė 6,5% mažesnę AP nei ilgalaikis tradicinis žemės dirbimas (T). Visgi, šiaudų

naudojimo būdų ir žemės dirbimo sąveikos analizė atskleidė, kad tik fone be šiaudų S taikymas lėmė esminį (11,8%) AP sumažėjimą, palyginus su T. Fone su šiaudais žemės dirbimas neturėjo įtakos AP skirtumams. Tręšimas mineralinėmis trąšomis tik T sistemoje, lemdamas didesnę augalų šaknų masę (abiejuose augalinių liekanų fonuose) bei didesnę šiaudų masę, įterpiamą į dirvą (fone su liekanomis), lėmė 8,9-9,9% didesnį AP nei netręšiant. S sistemoje tręšimo įtaka buvo neesminė.

Vandeniui užimtų dirvožemio armens porų tūrį S taikymas fone be liekanų esmingai padidino, palyginus su T, o fone su liekanomis sumažino. Tręšimas mineralinėmis NPK trąšomis abiejuose liekanų fonuose, T sistemoje, įtakodamas didesnį AP nei S sistemoje, nulėmė esmingai mažesnį vandeniui užimtų porų tūrį (atitinkamai fonuose 3,6 ir 6,8%).



**16 paveikslas.** Dirvožemio tankis ir bendrasis bei aeracinis poringumas ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente, smėlingo lengvo priemolio 0-20 cm sluoksnyje, 2017-2019 m.

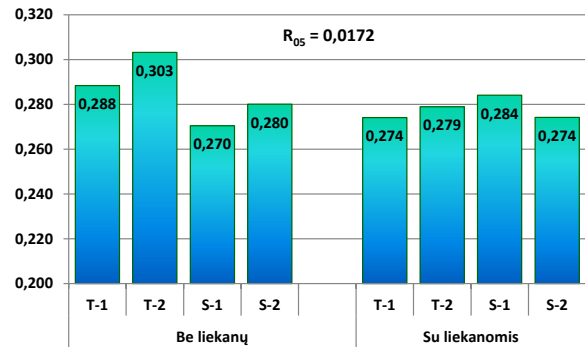
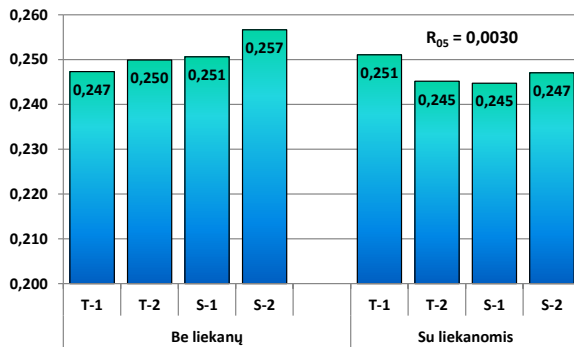
Čia: T-1 – tradicinis žemės dirbimas, netręšta, T-2 – tradicinis žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis, S-1 – supaprastintas žemės dirbimas, netręšta, S-2 - supaprastintas žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis

**Dirvožemio vandentalpos savybės.** Dirvožemio fizikinės savybės (tankis, porų tūrio pasiskirstymas) nulėmė ir jo vandentalpos savybes (17 pav.). Lauko drėgmė ilgamečiame bandyme, fone be šiaudų šiek tiek didesnė buvo S sistemoje nei T sistemoje, tačiau fone su šiaudais ji beveik nesiskyrė. Suprantama, kadangi lauko drėgmė – tai rodiklis, kuris visų pirma priklauso nuo paties dirvožemio savybių ir labai silpnai yra įtakojamas antropogeninių veiksnių. Laike šis rodiklis kinta taip pat labai lėtai.

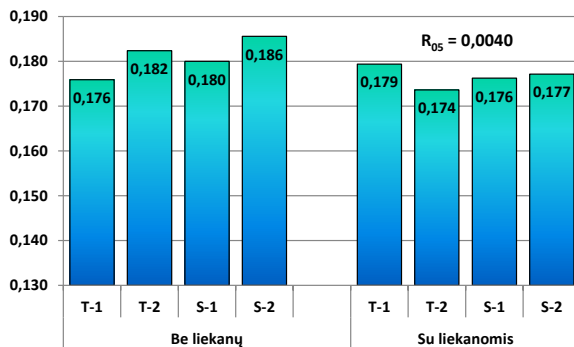
Dirvožemio prisotinimo vandeniui geba armenyje, vidutiniais duomenimis, fone be šiaudų, S sistemoje buvo esmingai (6,9%) mažesnė nei T sistemoje, fone su šiaudais skirtingose žemės dirbimo sistemose nesiskyrė. Kita vertus, šiaudų įterpimas šį rodiklį T sistemoje sumažino vidutiniškai 6,5%, o S sistemoje nepakeitė. Visgi, augalų pasiekiamo vandens kiekis armenyje, fone be liekanų esmingai didesnis buvo S sistemoje, o fone su šiaudais nesiskyrė. Tačiau vidutiniai duomenys rodo, kad augalų pasiekiamo vandens kiekis armenyje įterpus šiaudus tapo mažesnis. Taigi, šiaudai smėlingame lengvame priemolyje veikė kaip poras kemšanti priemonė, sumažindama ir bendrąjį poringumą, ir augalų pasiekiamo vandens kiekį (Feiziene ir kt., 2018).

Dirvožemio lauko drėgmė,  $m^3\ m^{-3}$

Dirvožemio prisotinimo geba,  $m^3\ m^{-3}$



Augalų pasiekiamo vandens kiekis, m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>



**17 paveikslas.** Dirvožemio lauko drėgmė, prisotrinimo geba ir augalų pasiekiamo vandens kiekis ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente, smėlingo lengvo priemolio 0-20 cm sluoksnyje, 2017-2019 m.

Čia: T-1 – tradicinis žemės dirbimas, netręšta, T-2 – tradicinis žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis, S-1 – supaprastintas žemės dirbimas, netręšta, S-2 – supaprastintas žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis

**Dirvožemio 0-10 cm sluoksnio drėgmė (W).** W – svarbus veiksnys, lemiantis organinės C mineralizaciją, humifikaciją, mitybos elementų virsmą į augalams prieinamas formas. Kita vertus, yra teigiama, kad dirvožemio drėgmė priklauso nuo C-org kiekio, tačiau labiausiai ją lemia meteorologinės sąlygos.

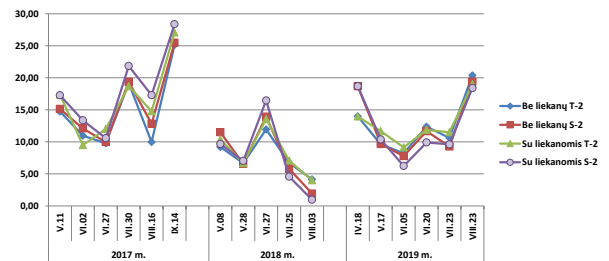
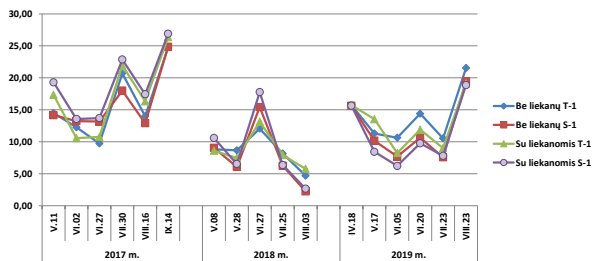
Ypatingai šlapių 2017 m. vidutiniais duomenimis, praktiškai per visą augalų augimo sezoną didžiausia dirvožemio 0-10 cm sluoksnio drėgmė buvo taikant S žemės dirbimo sistemą ir šiaudus paliekant lauke. Tręšimo įtaka buvo neesminė (18 ir 19 pav.).

2018 metai buvo itin nepalankūs žemdirbiams. Ypatingai sausringų 2018 m. vidutiniais duomenimis, nei supaprastintas žemės dirbimas (S), nei šiaudų įterpimas esminės įtakos drėgmės taupymui neturėjo. Tik iškritus šiek tiek gausnesiems krituliams (birželio 27 d.) pasireiškė drėgmės taupymo efektas S sistemoje. Visgi, ir vienoje ir kitoje žemės dirbimo sistemoje W buvo žemiau augalų vytimo taško. Užsitęsęs sausringam periodui, dirvoje, kurioje buvo taikyta S žemės dirbimo sistema, nepriklausomai nuo šiaudų tvarkymo būdo, 0-10 cm sluoksnio drėgmė tapo esmingai mažesnė nei T sistemoje (18 ir 19 pav.). Dėl perdžiūvusio dirvos viršutinio sluoksnio ir dėl drėgmės trūkumo aparatūra buvo nepajėgi fiksuoti elektrinį porų laidumo, iliustruojančio sąlygas augalams pasisavinti maisto medžiagas. Dėl nepasisavinamų maisto elementų augalai augo sunkiai ir vystėsi lėtai.

2019 metai taip pat, kaip ir 2018 m. buvo ypatinai nepalankūs žemdirbiams. Vidutiniais duomenimis, supaprastinto žemės dirbimo taikymas bei šiaudų įterpimas lėmė esmingai mažesnę smėlingo lengvo priemolio 0-10 cm sluoksnio drėgmę augalų vegetacijos laikotarpiu nei tradicinio žemės dirbimo (T) taikymas (18 ir 19 pav.).

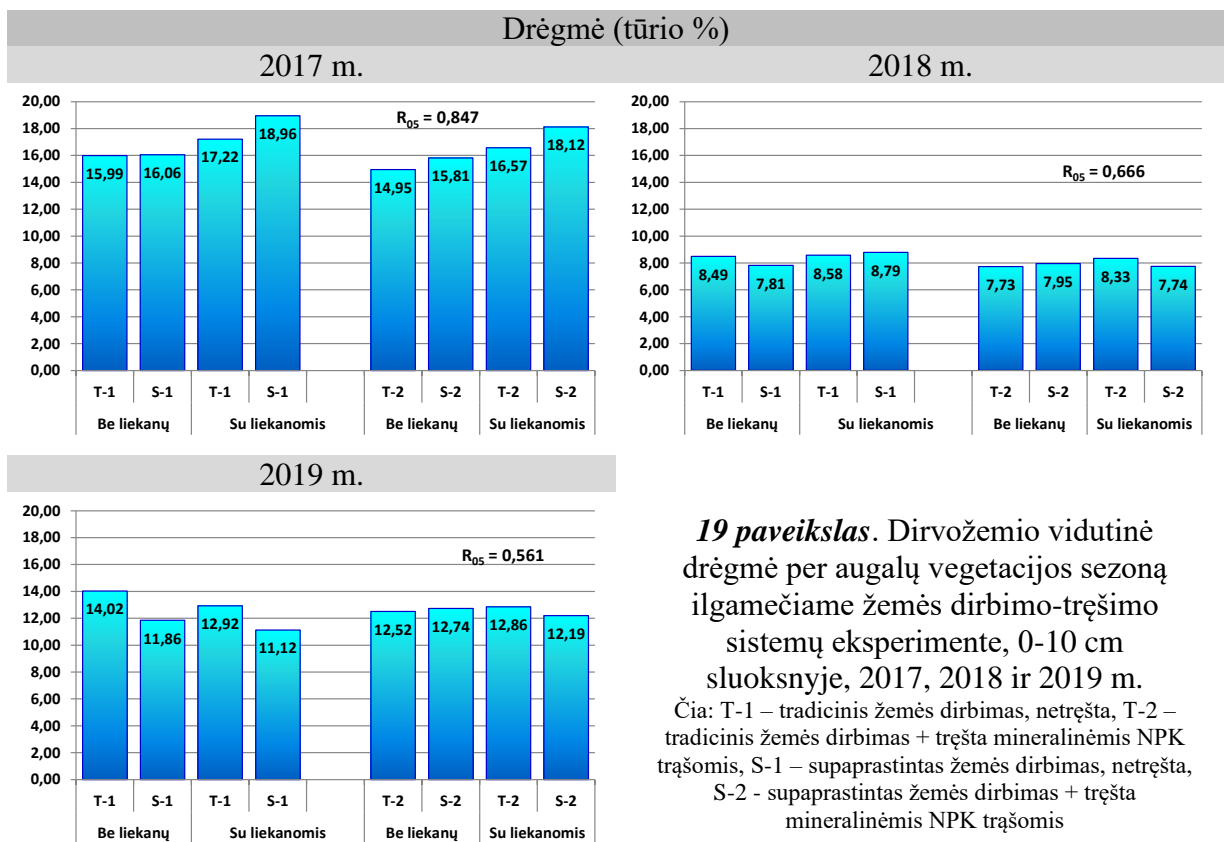
Drėgmė (tūrio %)

Netręšta mineralinėmis trąšomis      Tręšta mineralinėmis NPK trąšomis



**18 paveikslas.** Dirvožemio drėgmės kitimas per augalų vegetaciją ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente, 0-10 cm sluoksnyje, 2017-2019 m.

Čia: T-1 – tradicinis žemės dirbimas, netręšta, T-2 – tradicinis žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis, S-1 – supaprastintas žemės dirbimas, netręšta, S-2 - supaprastintas žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis



**19 paveikslas.** Dirvožemio vidutinė drėgmė per augalų vegetacijos sezoną ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente, 0-10 cm sluoksnyje, 2017, 2018 ir 2019 m.

Čia: T-1 – tradicinis žemės dirbimas, netręšta, T-2 – tradicinis žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis, S-1 – supaprastintas žemės dirbimas, netręšta, S-2 - supaprastintas žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis

**Tiesioginės sėjos ir tradicinio žemės dirbimo įtaka C-org sekvestracijai skirtingos granulometrinės sudėties dirvožemiuose.** Vidutinio sunkumo priemolyje, T sistemoje, C-org kiekis 0-10 cm sluoksnyje, fone su šiaudais buvo 19-22% mažesnis, o 10-20 cm sluoksnyje 12-26% mažesnis nei fone be šiaudų (18 lentelė). M sistemoje taip pat – įterpiant šiaudus C-org kiekis 0-10 cm sluoksnyje, buvo 5-24% mažesnis, o 10-20 cm sluoksnyje 20-33% mažesnis nei fone be šiaudų. Visgi, palyginant žemės dirbimo sistemas, M sistemoje C-org kiekis, nepriklausomai nuo šiaudų panaudojimo būdo ir tręšimo, buvo 16-24% didesnis nei T sistemoje, tačiau M pranašumas prieš T pasireiškė tik 0-10 cm dirvos sluoksnyje.

Priešingai nei sunkesnės granulometrinės sudėties dirvožemyje, smėlingame lengvame priemolyje, T sistemoje, C-org kiekis 0-10 cm sluoksnyje, fone su šiaudais buvo 30-32% didesnis, o

10-20 cm sluoksnyje 41-43% didesnis nei fone be šiaudų (18 lentelė). M sistemoje šiaudų efektas buvo šiek tiek kitoks – įterpiant šiaudus C-org kiekis 0-10 cm sluoksnyje esmingai nepakito, o 10-20 cm sluoksnyje 13-17% padidėjo, palyginus su C-org kiekiu fone be šiaudų. Palyginant žemės dirbimo sistemas, M sistemoje C-org kiekis, tik šiaudus pašalinant iš lauko, buvo 18% didesnis nei T sistemoje, bet tik 0-10 cm dirvos sluoksnyje. Šiaudų fone C-org sankaupos 0-10 ir 10-20 cm sluoksniuose, M sistemoje buvo atitinkamai 9% ir 16% mažesnės nei T sistemoje.

**18 lentelė.** C-org ištekliai (Mg ha<sup>-1</sup>) ir M-tiesioginės sėjos C-org sekvestracijos o pranašumas prieš T-tradicinį žemės dirbimą (t ha<sup>-1</sup> metai<sup>-1</sup>) skirtinguose armens sluoksniuose per 10 metų, Dotnuva, 2019

Šiaudai	Tręšimas	0-10 cm			10-20 cm		
		C-org t/ha		vidutinis pranašumas t/ha per metus	C-org t/ha		vidutinis pranašumas t/ha per metus
		Tradicinis dirbimas T	Tiesioginė sėja M		Tradicinis dirbimas T	Tiesioginė sėja M	
1	2	3	4	5 (4-3)/10	6	7	8 (7-6)/10
Vidutinio sunkumo priemolis							
Pašalinti	O	17,2	20,0	0,28	18,0	18,5	0,05
	NK	15,9	18,3	0,24	17,1	19,1	0,20
Įterpti	O	13,4	15,2	0,18	13,3	12,4	-0,09
	NK	12,8	17,4	0,46	15,1	15,2	0,01
Smėlingas lengvas priemolis							
Pašalinti	O	11,0	13,0	0,02	11,2	11,2	0,00
	NPK	10,4	12,3	0,02	10,9	11,8	0,09
Įterpti	O	14,3	12,3	-0,20	15,8	13,1	-0,27
	NPK	13,7	13,2	-0,05	15,6	13,3	-0,23

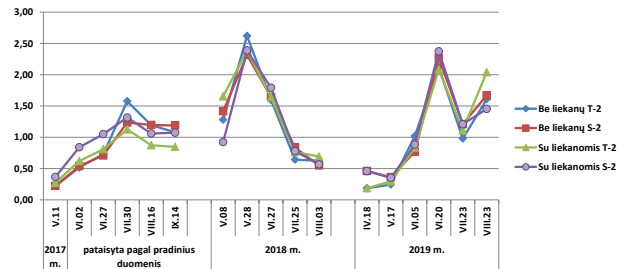
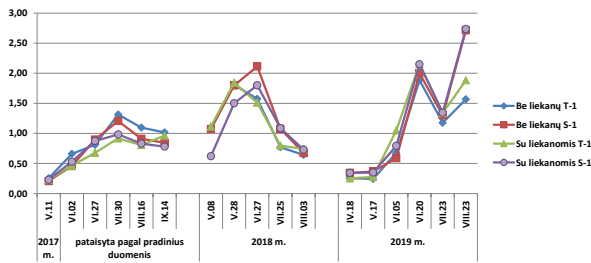
**Dirvožemio CO<sub>2</sub> emisija.** Meteorologinės sąlygos, taikytos technologijos (žemės dirbimas, tręšimas, augalinių liekanų tvarkymo būdas) lėmė dirvožemio gyvybinius procesus, CO<sub>2</sub> srautų apykaitą bei emisiją.

Šlapiais 2017 metais šiaudų tvarkymo būdas neturėjo esminės įtakos CO<sub>2</sub> emisijai. Supaprastinto neariminio žemės dirbimo (S) taikymas vidutiniškai lėmė esmingai didesnę (26%) CO<sub>2</sub> emisiją nei T sistemoje. Tręšimas mineralinėmis NPK trąšomis T sistemoje lėmė 7% didesnę emisiją nei netręšiant, o S sistemoje – priešingai, t.y. tręšimas emisiją sumažino 25% (20 ir 21 pav.).

Ypač sausringais 2018 metais, kompleksinis tyrimo rezultatų vertinimas atskleidė, kad šiaudus iš lauko pašalinant CO<sub>2</sub> emisija tręšiant mineralinėmis NPK trąšomis buvo esmingai mažesnė nei netręšiant, o šiaudus paliekant lauke – nenaudojant NPK trąšų. Tręšimas T sistemoje aktyvino, o S sistemoje slopino CO<sub>2</sub> emisiją.

Taip pat ypatingai sausringais 2019 metais, šiaudų tvarkymo būdų įtaka CO<sub>2</sub> emisijai buvo neesminė. S žemės dirbimo sistemoje naudojant NPK trąšas vidutinė CO<sub>2</sub> emisija buvo esmingai didesnė nei kituose žemės dirbimo x tręšimo variantuose.

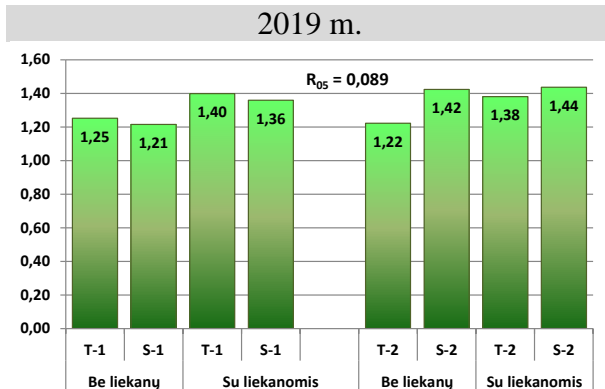
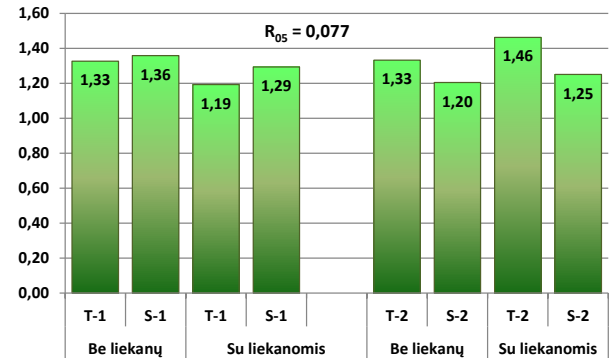
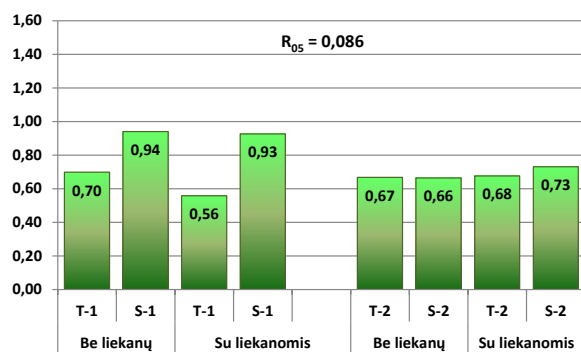
Dirvožemio CO <sub>2</sub> emisija (μmol m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	
Netręšta mineralinėmis trąšomis	Tręšta mineralinėmis NPK trąšomis



**20 paveikslas.** Dirvožemio CO<sub>2</sub> emisijos kitimas per augalų vegetaciją ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente, 0-10 cm sluoksnyje, 2017-2019 m.

Čia: T-1 – tradicinis žemės dirbimas, netręšta, T-2 – tradicinis žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis, S-1 – supaprastintas žemės dirbimas, netręšta, S-2 - supaprastintas žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis

**Dirvožemio CO<sub>2</sub> emisija (µmol m<sup>2</sup>s<sup>-1</sup>)**



**21 paveikslas.** Dirvožemio vidutinė CO<sub>2</sub> emisija per augalų vegetaciją ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente, 0-10 cm sluoksnyje, 2017-2019 m.

Čia: T-1 – tradicinis žemės dirbimas, netręšta, T-2 – tradicinis žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis, S-1 – supaprastintas žemės dirbimas, netręšta, S-2 - supaprastintas žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis

**Esminiai veiksniai, lemiantys C-org kiekį dirvožemyje.** Tyrimo duomenų įvertinimas koreliacine-regresine takų analize atskleidė, kad veiksmų koreliacijos ir santykis su C-org labai priklausė nuo meteorologinių sąlygų. Todėl tos žemdirbystės sistemos, kurios lėmė teigiamą efektą C-org kiekiui bei CO<sub>2</sub> emisijoms vienais metais, nebūtinai atskleidė tokį patį efektą ir kitais metais (19-21 lentelės).

**19 lentelė.** Koreliacijos tarp dirvožemio kokybinių rodiklių ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente 2017 metais

Parametrų kitimas		Koreliacinė matrica						
Be šiaudų	Su šiaudais	2	3	4	5	6	7	

	nuo	iki	nuo	iki	1(Y) – C-org						
T-1 - Tradicinis žemės dirbimas, netręšta											
1 – C-org	13,4	18,8	13,3	15,5							
2 - N-sum	1,46	1,63	1,40	1,73	0,53*						
3 - pH	4,95	6,30	5,65	6,45	-0,96**	-0,54*					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,19	0,13	0,21	-0,43*	0,39	0,27				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,14	0,16	0,20	0,24	-0,35	0,35	0,33	0,53*			
6 - BP	0,42	0,44	0,41	0,44	0,79**	0,79**	-0,83**	-0,01	-0,15		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	0,46	1,01	0,36	0,76	0,94**	0,42*	-0,89**	-0,58*	-0,30	0,77**	
8 - W	13,7	17,3	15,5	18,6	-0,54*	0,14	0,41*	0,90**	0,61*	-0,35	-0,73**
T-2 - Tradicinis žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis NPK trąšomis											
1 – C-org	13,1	22,5	14,1	16,9							
2 - N-sum	1,46	1,84	1,50	1,82	0,83**						
3 - pH	4,70	5,90	5,50	6,65	-0,85**	-0,70**					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,22	0,23	0,27	-0,28	0,03	0,62*				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,14	0,20	0,21	0,24	0,22	0,59*	0,12	0,76**			
6 - BP	0,42	0,46	0,41	0,43	0,28	0,09	-0,62*	-0,92**	-0,51*		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	0,60	0,74	0,40	1,07	0,40*	0,70**	-0,60*	-0,18	0,38	0,46*	
8 - W	13,8	16,0	15,9	17,7	-0,76**	-0,52*	0,95**	0,82**	0,36	-0,76**	-0,44*
S-1 - Supaprastintas bearimis žemės dirbimas, netręšta											
1 – C-org	13,8	25,0	14,1	14,8							
2 - N-sum	1,54	2,20	1,47	1,56	0,98**						
3 - pH	5,00	6,45	5,65	6,50	-0,88**	-0,84**					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,18	0,12	0,19	-0,69*	-0,66*	0,93**				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,14	0,16	0,16	0,17	-0,09	-0,22	0,12	0,35			
6 - BP	0,41	0,42	0,41	0,42	-0,83**	-0,87**	0,50*	0,30	0,25		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	0,87	1,06	0,85	1,06	-0,31	-0,32	0,08	-0,16	-0,37	0,25	
8 - W	15,6	17,1	17,3	19,5	-0,64*	-0,71**	0,68*	0,78**	0,78**	0,59*	-0,21
S-2 - Supaprastintas bearimis žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis NPK trąšomis											
1 – C-org	13,4	24,9	15,1	15,5							
2 - N-sum	1,53	2,30	1,59	1,66	0,98**						
3 - pH	4,25	6,00	5,60	6,60	-0,88**	-0,87**					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	0,28	0,23	0,31	-0,73**	-0,68*	0,90**				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,20	0,23	0,21	0,26	-0,47*	-0,62*	0,39	0,23			
6 - BP	0,41	0,43	0,41	0,42	0,03	0,09	-0,12	-0,10	-0,42*		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	0,62	0,75	0,38	0,94	0,14	0,06	0,03	0,27	0,49*	-0,39	
8 - W	14,7	16,0	15,9	22,1	-0,12	-0,15	0,34	0,05	-0,06	-0,19	-0,47*

Pastaba: \* - statistiškai patikima, esant  $P < 0,05$  tikimybės lygiui, \*\* - statistiškai patikima, esant  $P < 0,01$  tikimybės lygiui. C-org, N-sum, judriojo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir judriojo K<sub>2</sub>O vienetai Mg ha<sup>-1</sup>. BP – bendrasis poringumas (tūrio %), CO<sub>2</sub> emisija (μmol s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>), W – dirvos 0-10 cm sluoksnio drėgmė (tūrio %).

Šlapiais 2017 metais T-1 sistemoje (tradicinis žemės dirbimas, netręšta) N-sum gausėjimas ir BP didėjimas veikė kaip C-org kiekį dirvožemyje didinantys veiksniai. Tačiau pH didėjimas ir W didėjimas (didėjant drėgmei sparčiau vyko mineralizacija, bet ne humifikacija) veikė kaip C-org kiekio teigiamus pokyčius stabdantys veiksniai (19 lentelė).

T-2 sistemoje (tradicinis žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis trąšomis) N-sum gausėjimas ir BP didėjimas veikė kaip C-org kiekį dirvožemyje didinantys veiksniai. Tačiau kitų veiksmių augimas veikė kaip C-org kiekio teigiamus pokyčius stabdantys veiksniai. Tradicinio žemės dirbimo sistemoje (T) CO<sub>2</sub> emisija teigiamai koreliavo su C-org. Vienok, tai nereiškia, kad didėjant emisijai didėjo ir C-org kiekis. Mes šiame tyrime tiesiog neturėjome galimybės įvertinti ne tik emisiją, bet ir pilną CO<sub>2</sub> apykaitos intensyvumą, tad neaišku, kokia išskirto ir į atmosferą patekusio CO<sub>2</sub> dalis vėl grįžo į dirvožemį. Tikėtina, jog didėjant emisijai, reikšmingai didėjo ir NCER, o tai lėmė ir C-org sugrįžimą į dirvožemį.



**20 lentelė.** Koreliacijos tarp dirvožemio kokybinių rodiklių ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente 2018 metais

	Parametrų kitimas				Koreliacinė matrica						
	Be šiaudų		Su šiaudais		1(Y) – C-org	2	3	4	5	6	7
	nuo	iki	nuo	iki							
T-1 - Tradicinis žemės dirbimas, netręšta											
1 – C-org	13,4	18,8	13,3	15,5							
2 - N-sum	1,46	1,63	1,40	1,73	0,53*						
3 - pH	4,95	6,30	5,65	6,45	-0,96**	-0,54*					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,19	0,13	0,21	-0,43*	0,39	0,27				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,14	0,16	0,20	0,24	-0,35	0,35	0,33	0,53*			
6 - BP	0,42	0,44	0,41	0,44	0,79**	0,79**	-0,83**	-0,01	-0,15		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	1,23	1,51	1,11	1,26	-0,12	-0,55*	-0,07	-0,05	-0,47*	-0,11	
8 - W	6,70	10,2	7,76	9,14	-0,77**	-0,59*	0,85**	-0,07	-0,05	-0,59*	0,03
T-2 - Tradicinis žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis NPK trąšomis											
1 – C-org	13,1	22,5	14,1	16,9							
2 - N-sum	1,46	1,84	1,50	1,82	0,83**						
3 - pH	4,70	5,90	5,50	6,65	-0,85**	-0,70**					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,22	0,23	0,27	-0,28	0,03	0,62*				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,14	0,20	0,21	0,24	0,22	0,59*	0,12	0,76**			
6 - BP	0,42	0,46	0,41	0,43	0,28	0,09	-0,62*	-0,92**	-0,51*		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	1,08	1,57	1,29	1,56	-0,93**	-0,83**	0,92**	0,28	-0,16	-0,26	
8 - W	6,44	8,24	7,16	9,84	-0,70**	-0,78**	0,74**	0,43*	-0,12	-0,46*	0,64*
S-1 - Supaprastintas bearimis žemės dirbimas, netręšta											
1 – C-org	13,8	25,0	14,1	14,8							
2 - N-sum	1,54	2,20	1,47	1,56	0,98**						
3 - pH	5,00	6,45	5,65	6,50	-0,88**	-0,84**					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,18	0,12	0,19	-0,69*	-0,66*	0,93**				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,14	0,16	0,16	0,17	-0,09	-0,22	0,12	0,35			
6 - BP	0,41	0,42	0,41	0,42	-0,83**	-0,87**	0,50*	0,30	0,25		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	1,24	1,47	1,16	1,53	-0,30	-0,25	0,58*	0,46*	-0,32	-0,15	
8 - W	7,80	8,62	8,46	9,10	0,08	-0,02	-0,45*	-0,52*	0,36	0,47*	-0,61*
S-2 - Supaprastintas bearimis žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis NPK trąšomis											
1 – C-org	13,4	24,9	15,1	15,5							
2 - N-sum	1,53	2,30	1,59	1,66	0,98**						
3 - pH	4,25	6,00	5,60	6,60	-0,88**	-0,87**					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	0,28	0,23	0,31	-0,73**	-0,68*	0,90**				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,20	0,23	0,21	0,26	-0,47*	-0,62*	0,39	0,23			
6 - BP	0,41	0,43	0,41	0,42	0,03	0,09	-0,12	-0,10	-0,42*		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	1,06	1,29	1,09	1,37	0,30	0,28	-0,02	0,25	0,14	-0,66*	
8 - W	6,26	9,76	6,82	10,8	-0,70**	-0,64*	0,85**	0,88**	0,02	0,35	-0,14

Pastaba: \* - statistiškai patikima, esant  $P < 0,05$  tikimybės lygiui, \*\* - statistiškai patikima, esant  $P < 0,01$  tikimybės lygiui. C-org, N-sum, judriojo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir judriojo K<sub>2</sub>O vienetai Mg ha<sup>-1</sup>. BP – bendrasis poringumas (tūrio %), CO<sub>2</sub> emisija (μmol s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>), W – dirvos 0-10 cm sluoksnio drėgmė (tūrio %).

S-1 sistemoje (supaprastintas žemės dirbimas, netręšta) ir S-2 sistemoje (supaprastintas žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis trąšomis) dominuojantis veiksnys buvo N-sum. Kuo didesnis N-sum kiekis, tuo didesnis ir C-org kiekis. Tačiau kitų veiksnių ir jų sąveikų įtaka C-org gausėjimui buvo neigiama arba neesminė.

**21 lentelė.** Koreliacijos tarp dirvožemio kokybinių rodiklių ilgamečiame žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente 2019 metais

	Parametrų kitimas				Koreliacinė matrica						
	Be šiaudų		Su šiaudais		2	3	4	5	6	7	
	nuo	iki	nuo	iki							

	nuo	iki	nuo	iki	1(Y) – C-org						
T-1 - Tradicinis žemės dirbimas, netręšta											
1 – C-org	13,4	18,8	13,3	15,5							
2 - N-sum	1,46	1,63	1,40	1,73	0,53*						
3 - pH	4,95	6,30	5,65	6,45	-0,96**	-0,54*					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,12	0,19	0,13	0,21	-0,43*	0,39	0,27				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,14	0,16	0,20	0,24	-0,35	0,35	0,33	0,53*			
6 - BP	0,42	0,44	0,41	0,44	0,79**	0,79**	-0,83**	-0,01	-0,15		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	1,02	1,57	1,11	1,62	-0,81**	-0,70**	0,75**	0,27	0,27	-0,92**	
8 - W	13,5	15,2	13,1	14,6	0,54*	0,08	-0,44*	-0,29	-0,42*	0,06	-0,16
T-2 - Tradicinis žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis NPK trąšomis											
1 – C-org	13,1	22,5	14,1	16,9							
2 - N-sum	1,46	1,84	1,50	1,82	0,83**						
3 - pH	4,70	5,90	5,50	6,65	-0,85**	-0,70**					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,15	0,22	0,23	0,27	-0,28	0,03	0,62*				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,14	0,20	0,21	0,24	0,22	0,59*	0,12	0,76**			
6 - BP	0,42	0,46	0,41	0,43	0,28	0,09	-0,62*	-0,92**	-0,51*		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	0,93	1,54	1,24	1,61	-0,71**	-0,57*	0,78**	0,72**	0,12	-0,79**	
8 - W	14,1	14,9	12,7	13,9	0,06	-0,05	-0,46*	-0,72**	-0,74**	0,49*	-0,29
S-1 - Supaprastintas bearimis žemės dirbimas, netręšta											
1 – C-org	13,8	25,0	14,1	14,8							
2 - N-sum	1,54	2,20	1,47	1,56	0,98**						
3 - pH	5,00	6,45	5,65	6,50	-0,88**	-0,84**					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,18	0,12	0,19	-0,69*	-0,66*	0,93**				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,14	0,16	0,16	0,17	-0,09	-0,22	0,12	0,35			
6 - BP	0,41	0,42	0,41	0,42	-0,83**	-0,87**	0,50*	0,30	0,25		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	0,88	1,53	1,08	1,68	-0,71**	-0,67*	0,82**	0,72**	0,12	0,49*	
8 - W	12,6	14,6	11,8	14,5	-0,35	-0,24	0,64*	0,78**	-0,02	-0,11	0,31
S-2 - Supaprastintas bearimis žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis NPK trąšomis											
1 – C-org	13,4	24,9	15,1	15,5							
2 - N-sum	1,53	2,30	1,59	1,66	0,98**						
3 - pH	4,25	6,00	5,60	6,60	-0,88**	-0,87**					
4 - Judr. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,19	0,28	0,23	0,31	-0,73**	-0,68*	0,90**				
5 - Judr. K <sub>2</sub> O	0,20	0,23	0,21	0,26	-0,47*	-0,62*	0,39	0,23			
6 - BP	0,41	0,43	0,41	0,42	0,03	0,09	-0,12	-0,10	-0,42*		
7 - CO <sub>2</sub> emisija	1,10	1,62	1,13	1,37	-0,61*	-0,50*	0,59*	0,43*	-0,32	0,34	
8 - W	11,8	13,4	11,3	13,7	-0,50*	-0,38	0,62*	0,77**	-0,32	0,48*	0,65*

Pastaba: \* - statistiškai patikima, esant  $P < 0,05$  tikimybės lygiui, \*\* - statistiškai patikima, esant  $P < 0,01$  tikimybės lygiui. C-org, N-sum, judriojo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ir judriojo K<sub>2</sub>O vienetai Mg ha<sup>-1</sup>. BP – bendrasis poringumas (tūrio %), CO<sub>2</sub> emisija (μmol s<sup>-1</sup> m<sup>-2</sup>), W – dirvos 0-10 cm sluoksnio drėgmė (tūrio %).

Sausais 2018 metais T-1 sistemoje (tradicinis žemės dirbimas, netręšta) bei T-2 sistemoje išryškėjo tik N-sum ir C-org teigiama sąveika. Tačiau visų kitų veiksnių ir jų sąveikų įtaka C-org sancaupoms buvo neigiama arba neesminė. Tradicinio žemės dirbimo sistemoje (T), priešingai nei 2017 m., CO<sub>2</sub> emisija neigiamai koreliavo su C-org pagal daugianarės regresijos kryptį. Ypač T-2 sistemoje. Tuo tarpu T-1 sistemoje koreliacinis ryšys tarp šių veiksnių turėjo tokią pačią tendenciją, bet buvo labai silpnas (20 lentelė).

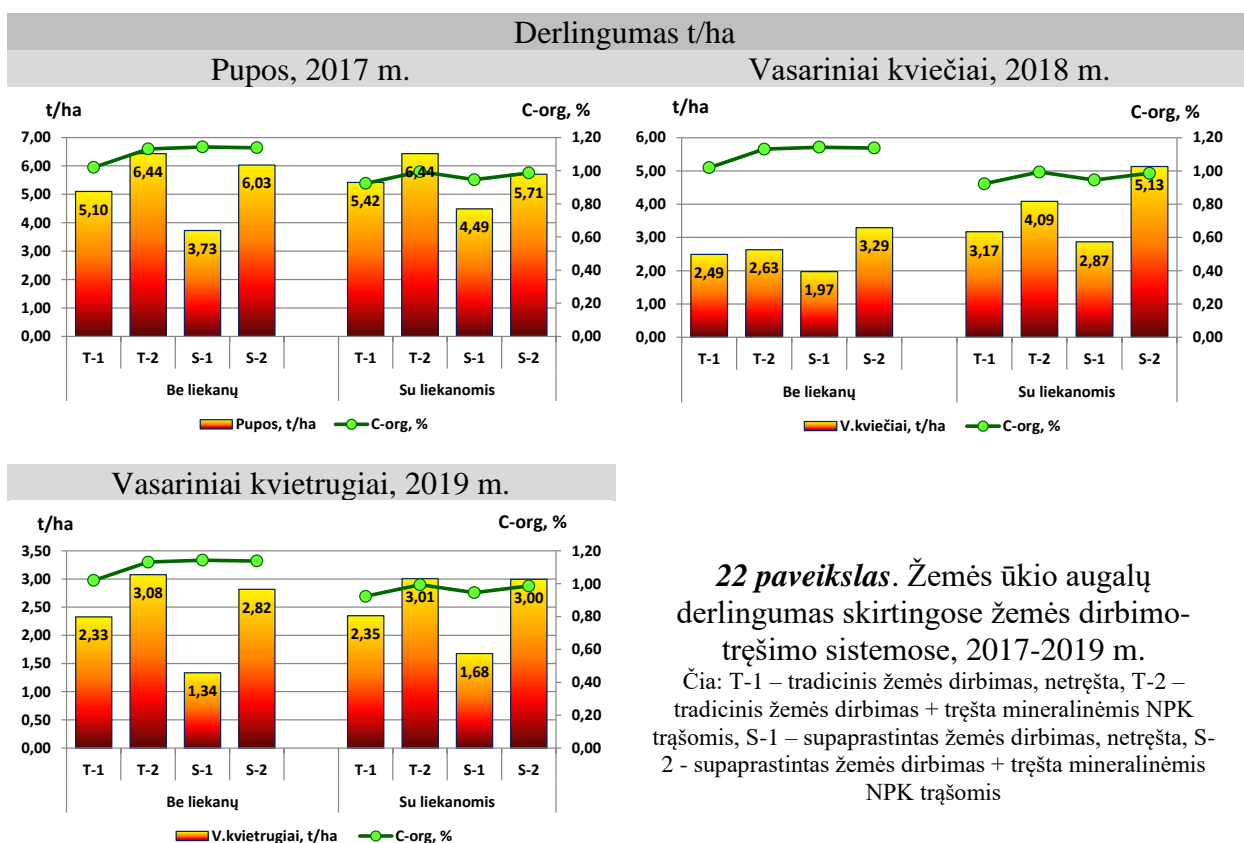
S-1 sistemoje (supaprastintas žemės dirbimas, netręšta) ir S-2 sistemoje (supaprastintas žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis trąšomis) kuo didesnis N-sum kiekis, tuo didesnis ir C-org kiekis. Tačiau kitų veiksnių ir jų sąveikų įtaka C-org gausėjimui buvo neigiama arba neesminė.

Sausais 2019 metais T-1 sistemoje (tradicinis žemės dirbimas, netręšta) bei T-2 sistemoje buvo ryški tik N-sum ir C-org teigiama sąveika (21 lentelė). Visų kitų veiksnių ir jų sąveikų įtaka C-org

sankaupoms buvo neigiama arba neesminė. Tradicinio žemės dirbimo sistemose (T-1 ir T-2), kaip ir 2018 m., CO<sub>2</sub> emisija neigiamai koreliavo su C-org pagal daugianarės regresijos kryptį.

S-1 sistemoje (supaprastintas žemės dirbimas, netręšta) ir S-2 sistemoje (supaprastintas žemės dirbimas, tręšta mineralinėmis trąšomis) kuo didesnis N-sum kiekis, tuo didesnis ir C-org kiekis. Tačiau kitų veiksnių ir jų sąveikų įtaka C-org gausėjimui buvo neigiama arba neesminė. CO<sub>2</sub> emisija neigiamai koreliavo su C-org pagal daugianarės regresijos kryptį.

**Žemės ūkio augalų derlingumas skirtingose žemės dirbimo-tręšimo sistemose.** Drėgmės pertekliumi pasižymėjusiais 2017 metais pupų derlingumas neariminėje žemės dirbimo sistemoje buvo vidutiniškai 15% mažesnis nei žemę dirbant tradiciškai (22 pav.). Augalinių liekanų (šiaudų) įterpimas esminės įtakos pupų derlingumui neturėjo. Mineralinių NPK trąšų efektyvumas priklausė nuo šiaudų naudojimo būdo ir žemės dirbimo. Tręšiant, T sistemoje pupų derlingumas padidėjo 26% fone be šiaudų ir 19% fone su šiaudais, M sistemoje – atitinkamai 62% ir 27%.



**22 paveikslas. Žemės ūkio augalų derlingumas skirtingose žemės dirbimo-tręšimo sistemose, 2017-2019 m.**

Čia: T-1 – tradicinis žemės dirbimas, netręšta, T-2 – tradicinis žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis, S-1 – supaprastintas žemės dirbimas, netręšta, S-2 – supaprastintas žemės dirbimas + tręšta mineralinėmis NPK trąšomis

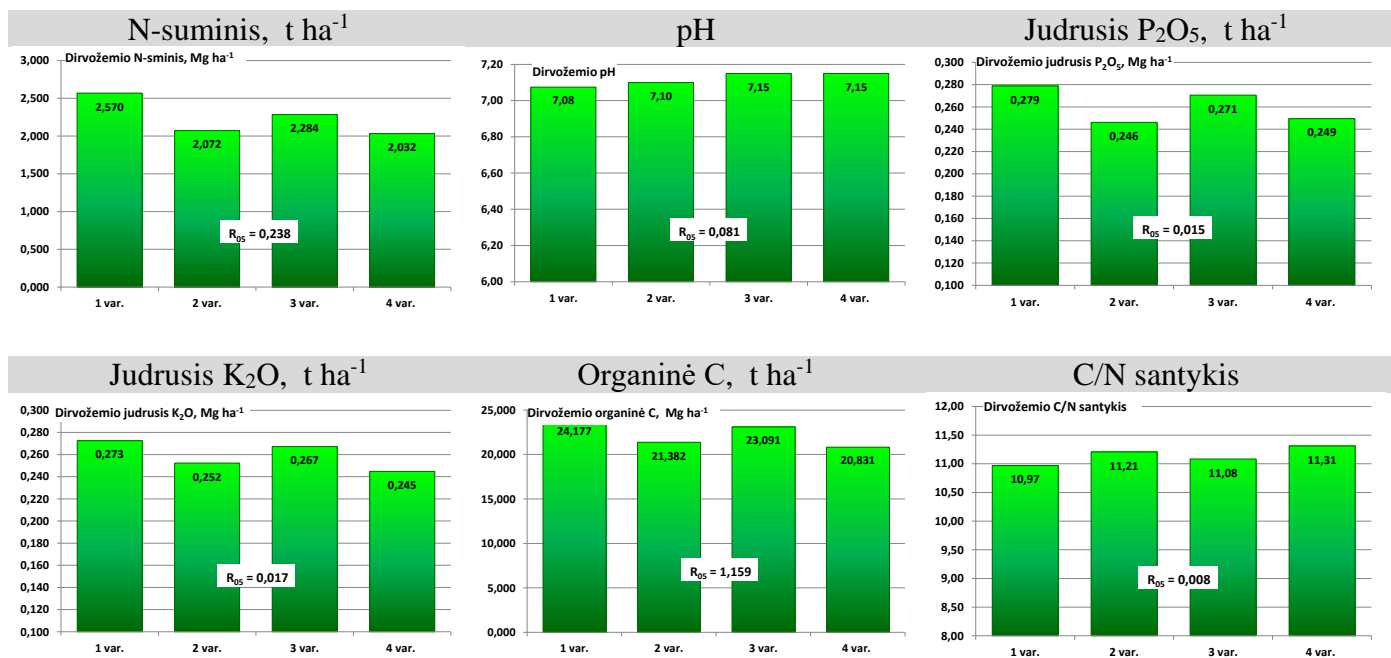
Sausais 2018 metais vasarinių kviečių derlingumas neariminėje žemės dirbimo sistemoje buvo vidutiniškai 6% didesnis nei žemę dirbant tradiciškai (22 pav.). Augalinių liekanų (šiaudų) įterpimas ir T sistemos taikymas lėmė 42% didesnę, o augalinių liekanų įterpimas ir M sistemos taikymas 52% didesnę grūdų derlingumą nei fone be šiaudų. Mineralinių NPK trąšų efektyvumas priklausė nuo šiaudų naudojimo būdo ir žemės dirbimo. Tręšiant, T sistemoje kviečių derlingumas padidėjo 6% fone be šiaudų ir 29% fone su šiaudais, o M sistemoje – atitinkamai 67% ir 79%.

Labai sausais 2019 metais vasarinių kvietrugių derlingumas neariminėje žemės dirbimo sistemoje buvo 13-23% mažesnis nei žemę dirbant tradiciškai (22 pav.). Augalinių liekanų (šiaudų) įterpimas

nelėmė esminių derlingumo pokyčių T sistemoje, bet M sistemoje derlingumas išaugo 13% palyginus su fonu be šiaudų. Mineralinių NPK trąšų efektyvumas priklausė nuo šiaudų naudojimo būdo ir žemės dirbimo. Tręšiant, T sistemoje kviečių derlingumas padidėjo 32% fone be šiaudų ir 28% fone su šiaudais, o M sistemoje – atitinkamai 111% ir 78%.

### 3.2.2. Ekologinių sėjomainų tyrimai

**Dirvožemio agrocheminė kokybė.** Pateikiame dirvožemio agrocheminę charakteristiką ŽŪM remiamo Projekto metais. Dirvožemio pH skirtumai ekologinėse sėjomainose buvo neesminiai. Judriojo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kiekis didžiausias buvo sėjomainos rotacijoje su dobilais (1 var.). Judriojo P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kiekis rotacijoje, sudarytoje tik iš dviejų vasarinių augalų (2 var.) buvo 10,2% mažesnis nei 1 variante ir 5,4% mažesnis nei rotacijoje su kitais pupiniais augalais (3 var.). Judriojo K dirvožemio armenyje išliko didžiausias rotacijoje su dobilais (1 var.) ir buvo vidutiniškai 2,9-6,5% didesnis nei 2-4 variantų dirvožemyje (23 pav.).



**23 paveikslas.** Dirvožemio agrocheminiai rodikliai ekologinių sėjomainų eksperimente, 0-20 cm sluoksnyje (2017-2019 m.)

Čia: 1 var. - 40% varpiniai javai, 60% daugiametės ankštinės žolės (raudonieji dobilai); 2 var. - 50% varpiniai javai (miežiai), 50% griekiai; 3 var. - 40% varpiniai javai, 60% ankštiniai augalai (žirniai, lubinai); 4 var. - 50% varpiniai javai (žieminiai rugiai, vasariniai kviečiai), 50% kiti augalai (griekiai, b. garstyčia)

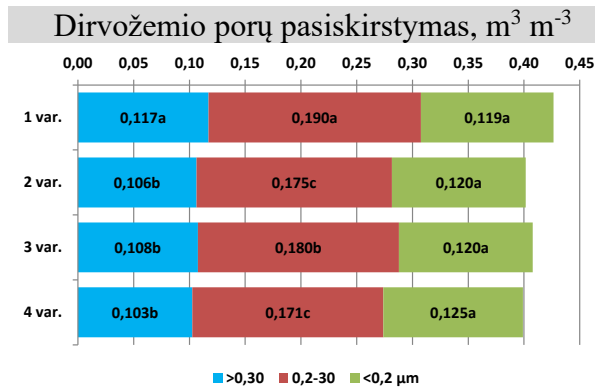
Raudonųjų dobilų įtraukimas į sėjomainą (1 var.) lėmė 9% didesnę organinės C kiekį nei 3 var. sėjomainoje, kurioje 40% sudarė varpiniai javai ir 60% ankštiniai augalai (žirniai, lubinai) bei 15,4-16,3% didesnę organinės C kiekį nei sėjomainose be ankštinių augalų (2 ir 4 var.).

### Dirvožemio vandentalpos savybės

**Dirvožemio porų pasiskirstymas.** Dirvožemio poringumas – dirvožemio visų tuštumų tūris (%), tenkantis dirvožemio tūrio vienetui. Dirvožemio tuštumose gali būti vanduo arba oras. Kietosios dirvožemio dalies išsidėstymas ir susiklojėjimas apsprendžia jo poringumą. Mineralinių dirvožemių bendrasis poringumas gali svyruoti nuo 20 iki 70%. Smėlio dirvožemių bendrasis poringumas siekia 35-50 %, tuo tarpu sunkios granulimetrinės sudėties dirvožemių šis rodiklis būna 40-60 %. Suslėgtų

dirvožemių poarmentiniame sluoksnyje bendras poringumas būna mažesnis nei 25-30 %. Didžiausią įtaką dirvožemio poringumo pokyčiams turi mechaninis žemės dirbimas. Dirvų arimas padidina bendrą ir aeracinį poringumą, ir bendras dirvožemio poringumas būna pats didžiausias iš karto po arimo. Tačiau, nors ir kaip gerai būtų supurentas dirvožemis, jis vis vieną einant laikui natūraliai atstato jam būdingą poringumą.

Bendras dirvožemio armens poringumas 1 variante buvo 4,4-6,8% didesnis nei 2-4 variantuose. Makroporų tūris 1 varianto armenyje buvo 8,8-14,0% didesnis, mezoporų tūris 5,6-11,3% didesnis nei 2-4 variantų armenyje, tačiau mikroporų tūris tarp variantų esmingai nesiskyrė (24 pav.).



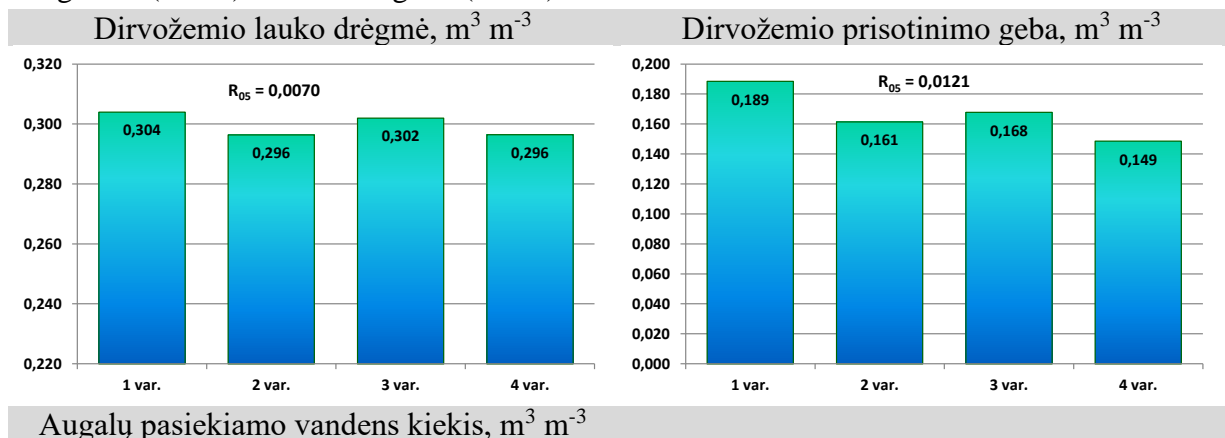
**24 paveikslas.** Dirvožemio porų pasiskirstymas ekologinių sėjomainų eksperimente, 0-20 cm sluoksnyje (2017-2019 m.)  
 >30 μm – makroporos, 0,2-30 μm – mezoporos, <0,2 μm – mikroporos

**Dirvožemio vanduo.** Dirvožemio fizikinės savybės (bendras poringumas, porų tūrio pasiskirstymas) nulėmė ir jo vandentalpos savybes. Lauko drėgmė ekologinių sėjomainų bandyme, beveik nesiskyrė (25 pav.). Suprantama, kadangi lauko drėgmė – tai rodiklis, kuris visų pirma priklauso nuo paties dirvožemio savybių ir labai silpnai yra įtakojamas antropogeninių veiksnių.

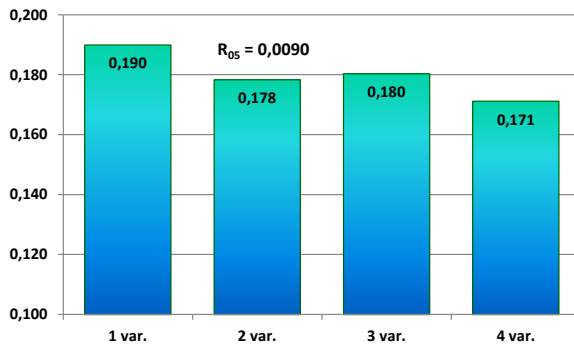
Dirvožemio prisotinimo vandenius geba armenyje, vidutiniais duomenimis, sėjomainos rotacijoje su dobilais (1 var.) buvo 12,5-26,8% didesnė nei 2-4 variantuose. Augalų pasiekiamo vandens kiekis armenyje sėjomainoje su dobilais taip pat buvo ženkliai (5,6-11,1%) didesnis nei kitose sėjomainose.

**Drėgmės (W)** kitimas armens viršutiniame sluoksnyje priklausė nuo meteorologinių sąlygų ir kiek mažiau nuo auginamų augalų (26 pav.).

Drėgnais 2017 m. armens drėgmė sėjomainose, kuriose buvo auginami dobilai (1 var.) bei kiti ankštiniai augalai (3 var.), buvo esmingai didesnė nei sėjomainose, kuriose buvo auginami tik migliniai javai ir griekiai (2 var.) ar ir kiti augalai (4 var.).

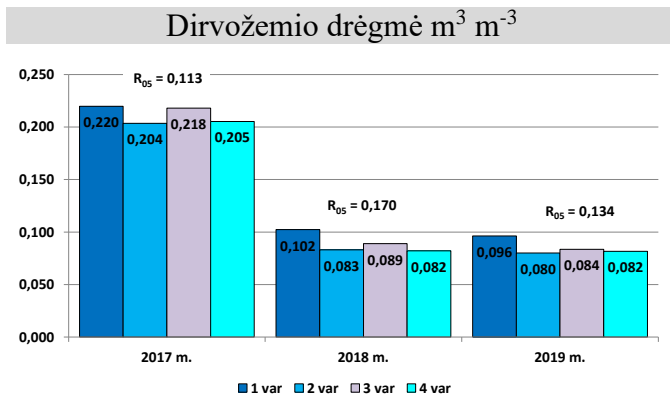


Augalų pasiekiamo vandens kiekis,  $m^3 m^{-3}$



### 25 paveikslas.

Dirvožemio lauko drėgmė, prisotinimo geba ir augalų pasiekiamo vandens kiekis ekologinių sėjomainų eksperimente, 0-10 cm sluoksnyje 2017-2019 m.



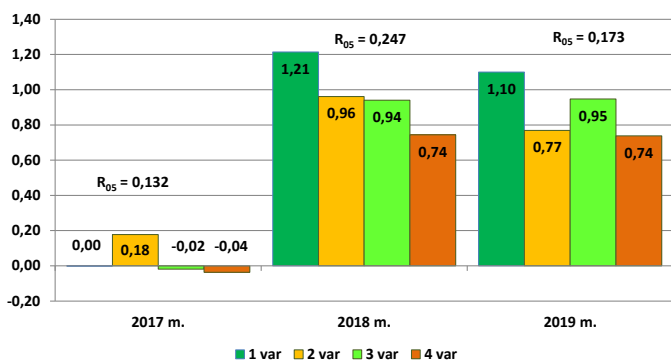
### 26 paveikslas. Vidutinė dirvožemio drėgmė per augalų vegetaciją ekologinių sėjomainų eksperimente, 0-10 cm sluoksnyje, 2017-2019 m.

Čia: 1 var. - 40% varpiniai javai, 60% daugiametės ankštinės žolės (raudonieji dobilai); 2 var. - 50% varpiniai javai (miežiai), 50% griekiai; 3 var. - 40% varpiniai javai, 60% ankštiniai augalai (žirniai, lubinai); 4 var. - 50% varpiniai javai (žieminiai rugiai, vasariniai kviečiai), 50% kiti augalai (griekiai, b. garstyčia)

Vidutiniškai per visą sausringą 2018 metų vegetacijos sezoną, armens drėgmė 1 ir 3 variantuose buvo nežymiai didesnė nei 2 ir 4 variantuose. 1-ame variante (sėjomainos rotacija su dobilais) ji siekė  $0,102 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , 3-ame variante (sėjomainos rotacija su kitais pupiniais augalais)  $0,089 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , o 2 ir 4 variantuose (sėjomainų rotacijos be pupinių)  $0,082\text{-}0,083 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Visgi, visose sėjomainose W buvo žemiau augalų vytimo taško. Vytimo taškas nustatomas pagal dirvožemio drėgmę masės proc. (drėgmės tūrio proc./tankis = drėgmės masės proc.). Dėl perdžiūvusio dirvos viršutinio sluoksnio ir dėl drėgmės trūkumo nepasisavinamų maisto elementų augalai augo sunkiai ir vystėsi lėtai.

Vidutinė sausringo 2018 metų vegetacijos sezono armens drėgmė 1 ir 3 variantuose buvo nežymiai didesnė nei 2 ir 4 variantuose. 1-ame variante (sėjomainos rotacija su dobilais) ji siekė  $0,096 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , 3-ame variante (sėjomainos rotacija su kitais pupiniais augalais)  $0,084 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ , o 2 ir 4 variantuose (sėjomainų rotacijos be pupinių)  $0,080\text{-}0,082 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ . Ir šiais metais visose sėjomainose W buvo žemiau augalų vytimo taško. Dėl perdžiūvusio dirvos viršutinio sluoksnio ir dėl drėgmės trūkumo nepasisavinamų maisto elementų augalai augo sunkiai ir vystėsi lėtai, ypač gegužės-birželio laikotarpiu.

**Dirvožemio  $\text{CO}_2$  apykaitos intensyvumas (NCER).** Meteorologinės sąlygos lėmė dirvožemio gyvybinius procesus, kuriuos atspindi  $\text{CO}_2$  srautų apykaitos intensyvumas - NCER (27 pav.), kitaip tariant  $\text{CO}_2$  srautų apykaitos greitis. Teigiamas NCER per visą augalų vegetacijos sezoną drėgnais 2017 m. buvo sėjomainoje, kurioje auginome tik javus ir grikius (2 var.). Tuo tarpu, NCER reikšmės 1, 3 ir 4 variantuose buvo neigiamos. Tai rodo, kad armenyje, dėl drėgmės pertekliaus vyravo ne aerobiniai, bet anaerobiniai procesai.



**27 paveikslas.** Vidutinė dirvožemio NCER per augalų vegetaciją ekologinių sėjomainų eksperimente, 0-10 cm sluoksnyje, 2017-2019 m.

Čia: 1 var. - 40% varpiniai javai, 60% daugiametės ankštinės žolės (raudonieji dobilai); 2 var. - 50% varpiniai javai (miežiai), 50% grikiai; 3 var. - 40% varpiniai javai, 60% ankštiniai augalai (žirniai, lubinai); 4 var. - 50% varpiniai javai (žieminiai rugiai, vasariniai kviečiai), 50% kiti augalai (grikiiai, b. garstyčia)

Sausringais 2018 m. didžiausias NCER buvo sėjomainoje, kurioje vyravo raudonieji dobilai (1 var.). Sėjomainoje su kitais ankštiniais augalais (3 var.) NCER buvo 22% mažesnis, sėjomainoje vien su miežiais ir grikiais (2 var.) 21% mažesnis, o sėjomainoje su kitais augalais (4 var.) 39% mažesnis nei 1 variante.

Taip pat sausringais 2019 m. didžiausias NCER buvo sėjomainoje, kurioje vyravo raudonieji dobilai (1 var.). Sėjomainoje su kitais ankštiniais augalais (3 var.) NCER buvo 14% mažesnis, sėjomainoje vien su miežiais ir grikiais (2 var.) 30% mažesnis, o sėjomainoje su kitais augalais (4 var.) 33% mažesnis nei 1 variante.

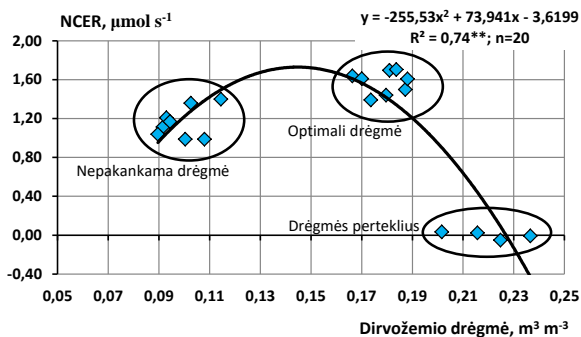
Sėjomainos, prisotintos raudonaisiais dobilais (1 var.), gebėdamos optimizuoti dirvožemio drėgmę, bei dobilų biologinės savybės lėmė iš esmės didesnę dirvožemio CO<sub>2</sub> apykaitos intensyvumą (NCER). Sėjomainoje su dobilais (1 var.) vidutinis NCER nepakankamos drėgmės ir optimalios dirvožemio drėgmės metais buvo 33% didesnis nei sėjomainoje su kitais ankštiniais augalais (žirniais ir lubiniais - 3 var.) bei 40-53% didesnis nei sėjomainose, sudarytose iš 50% varpinių javų ir 50% kitų augalų (2 ir 4 var.). Drėgmės pertekliaus metais dirvožemio NCER buvo labai silpnas visose sėjomainose (28 pav.).

***Esminiai veiksniai, lemiantys C-org kiekį dirvožemyje ekologinėse sėjomainose.*** Tyrimų rezultatai patvirtino, kad raudonųjų dobilų įtraukimas į sėjomainą lėmė 9,0-16,3% didesnę C-org kiekį dirvožemyje nei sėjomainos be dobilų (22 lentelė). N-sum kiekio didėjimas, didelė dirvožemio prisotinimo vandeniu geba bei didėjanti viršutinio dirvos sluoksnio drėgmė lėmė C-org. kiekio augimą. Šių veiksnių sąveika efektyviausia buvo sėjomainos rotacijoje, prisotintoje raudonaisiais dobilais (1 var.). Svarbu pažymėti ir tai, kad didėjant C-org kiekiui augo ir CO<sub>2</sub> apykaitos intensyvumas, tačiau tai nereiškia, kad būtinai didėjo ir CO<sub>2</sub> emisija (t.y. dujų kiekis, kuris negrįžtamai patenka į atmosferą). Apykaitos intensyvumas labiau demonstruoja ne tik dirvožemio potencialą išskirti, bet ir absorbuoti šias dujas.

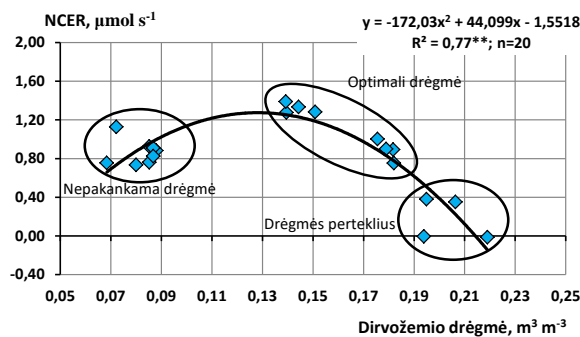
1 var.

2 var.

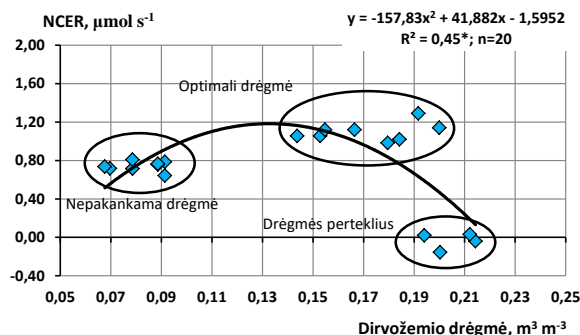
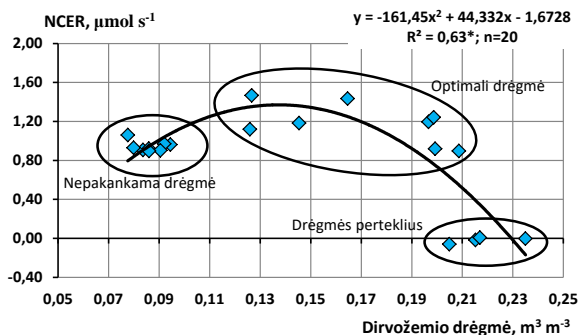




3 var.



4 var.



**28 paveikslas.** Dirvožemio NCER priklausomybė nuo dirvos drėgmės ekologinių sėjomainų eksperimente, 0-10 cm sluoksnyje, 2017-2019 m. Čia: 1 var. - 40% varpiniai javai, 60% daugiametės ankštinės žolės (raudonieji dobilai); 2 var. - 50% varpiniai javai (miežiai), 50% griekiai; 3 var. - 40% varpiniai javai, 60% ankštiniai augalai (žirniai, lubiniai); 4 var. - 50% varpiniai javai (žieminiai rugiai, vasariniai kviečiai), 50% kiti augalai (griekiai, b. garstyčia)

**22 lentelė.** Koreliacijos tarp dirvožemio kokybinių rodiklių ekologinių sėjomainų eksperimente

	Parametrų kitimas		Koreliacinė matrica				
	nuo	iki	1	2	3	4	5
1(Y) - C-org	1,35	1,57					
2 - N-sum	0,132	0,160	1,00**				
3 - pH	7,10	7,12	-0,15	-0,20			
4 - NCER	1,641	2,128	-0,90**	-0,87**	-0,26		
5 - W	9,24	10,66	1,00**	0,99**	-0,09	-0,92**	
6 - Prisotinimo geba	0,149	0,189	0,96**	0,96**	-0,38*	-0,80**	0,94**

Pastaba: \* - statistiškai patikima, esant  $P < 0,05$  tikimybės lygiui, \*\* - statistiškai patikima, esant  $P < 0,01$  tikimybės lygiui

### 3.2.3. Anglies sekvestracija skirtingų žemės dirbimo-tręšimo sistemų dirvožemių profiliuose

Ūkinė veikla tiesiogiai siejasi tik su viršutine dirvožemio profilio dalimi, apimančia 0-40 cm gylį. Natūraliuose dirvožemiuose susiformavęs O-Ah-El-Bt ar O-Ah-El-ElBt-BtEl sluoksnis intensyviai jį dirbant yra sunaikinamas. Dėl intensyvaus žemės dirbimo bei OM netekimo jis transformuojasi į Ap-Am-Bt (maksimali transformacija suformuojant ariamąjį ir suslėgtąjį horizontus) sluoksnį. Tuo pačiu pakinta ir vykstantys dirvodaros procesai: velėnėjimą bei išmolėjimą keičia pirminė humifikacija, kuri vėliau, intensyvėjant jo naudojimui (pvz., taikant nuolatinę intensyvią, komercializuotą sėjomainą) pereina į OM mineralizaciją.

Buvo atlikti išsamūs dirvožemio tyrimai žemės dirbimo-tręšimo sistemų eksperimente. Nustatyta organinės C kiekiai skirtinguose ne tik lauko eksperimento antropogenizuoto, bet ir natūralaus (miško)



dirvožemio profilių horizontuose. Detaliai ištirti vandenyje tirpios anglies, judriųjų huminių medžiagų (JHM) bei judriųjų huminių rūgščių (JHR) kitimo profilių skirtinguose horizontuose dėsningumai (23 lentelė).

23 lentelė. Dirvožemio profilių anglis Dotnuvoje

Žemėnauda ir dirvožemis	Horizontas	Ėminių gylis, cm	C				C <sub>H2O</sub> %, nuo C	
			C	C <sub>H2O</sub>	JHM g kg <sup>-1</sup>	JHR		
Žemės dirbimo- tręšimo eksperimentas	Ap-Aaq	0 – 37	7,92	0,20	2,82	1,78	2,56	
	El	37 – 53	1,32	0,23	0,50	0,28	17,6	
	BtEl	53 – 78	1,31	0,12	0,45	0,19	9,40	
	/Pajaurėjęs giliau stagniškas išplautžemis/	Bj	78 – 110	0,99	0,09	0,23	0,20	9,48
		Bk	110 – 115	0,38	0,06	0,05	0,21	14,8
		Ck1-Ck2	115 – 145	0,02	0,07	0,08	0,19	316
2C		145 – 170	0,01	0,08	0,03	0,19	759	
Mišrus miškas	O	10 – 0	-	-	-	-	-	
	Ah	0 – 18	21,1	0,61	6,61	7,20	2,91	
/Karbonatingasis giliaus stagniškas išplautžemis/	El	18 – 33	6,77	0,46	4,14	2,87	6,78	
	ElBt	33 – 40	-	-	-	-	-	
	Btj1-Btj2	40 – 52	1,69	0,36	0,51	0,21	21,1	
	Bckj	52 – 62	1,90	0,09	0,30	0,20	4,94	
	Ckj3	62 – 102	0,43	0,43	0,08	0,17	99,5	
	Ckj4	102 – 140	0,28	0,29	0,08	0,29	104	
Ck	140 – 165	-	-	-	-	-		
2Ck	165 – 200	0,02	0,35	0,06	0,23	1896		

JHM- judriosios humuso medžiagos, JHR – judriosios humuso rūgštys

Agronominiu požiūriu dirvožemio mineralinių trąšų naudojimas yra vertinamas teigiamai. Ekologiniu požiūriu tręšimas yra laikomas chemine dirvožemio agrogenizacija ir dirvožemio natūralumo atžvilgiu yra neigiamas reiškinys. Tačiau, jei tręšimą traktuotume agroekologiniu požiūriu, tuomet teigiamai reikia vertinti tik apgalvotą tręšimą, o jo poveikį dirvožemiui vertintume ne tik A humusinio horizonto, tačiau ir viso dirvožemio profilio atžvilgiu.

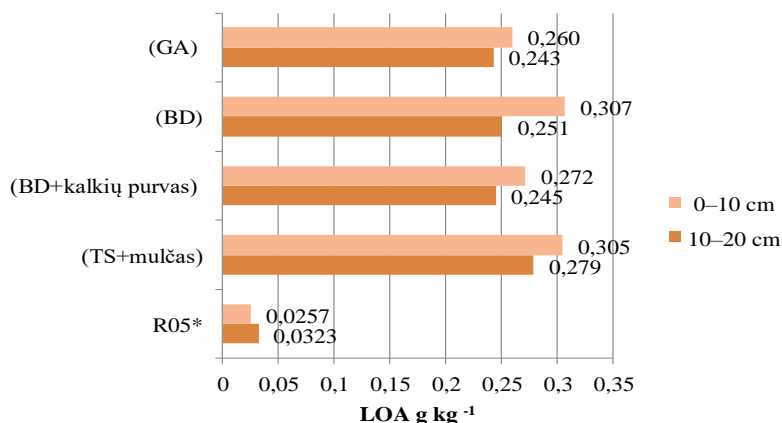
Natūraliuose dirvožemiuose (miško) viršutiniame horizonte, palyginus su agrogenizuotu dirvožemiu, bendrosios anglies, taip pat huminių medžiagų kiekis esmingai didesnis. Smėlingame lengvame priemolyje, daugiau labilios anglies visuose tirtuose dirvos sluoksniuose, buvo neįterpus šiaudų, tačiau tik T sistemoje. S sistemoje šiaudų įterpimas neturėjo įtakos labilios C kiekiui. Fone be šiaudų esmingai didesni labilios, vandenyje tirpios C kiekiai visame 0-20 cm dirvos sluoksnyje buvo nustatyti T sistemoje, o fone su šiaudais – S sistemoje. Bendrasis C-org kiekis agrogeniškai paveiktuose dirvožemiuose sumažėja dėl biomasės išvežimo su derliumi. Kartu paviršiniame A horizonto sluoksnyje vyksta santykinis C-org sumažėjimas, lyginant su gilesniais A horizonto sluoksniais, dėl mineralizuotos anglies įplovimo gilyn. Tuo tarpu miško dirvožemyje labai ryškūs išmolėjimo procesai. Jie skatina dirvožemio rūgštėjimą, o tuo pačiu skatina ir C-org skaidymą – todėl didėja labilios anglies (DOC) kiekis. Agrogeniškai paveiktų dirvožemių C-org ir DOC santykis labai įvairuoja priklausomai nuo dirvožemio agrogenizacijos pobūdžio. Čia svarbų vaidmenį vaidina ne tik agrogeninio poveikio priemonės, tačiau ir gamtiniai aplinkos veiksniai. Mažai C-org (Dotnuva) ir atitinkamai aukštas C-org:DOC santykis rodo mažą C-org stabilumą ir intensyvesnę jos mineralizaciją dėl intensyvaus žemės naudojimo.

Nuo anglies bei jos komponentų priklauso ir bendrasis poringumas, ir kitos fizikinės dirvožemio savybės. Miško dirvožemyje poringumas 0–20 cm paviršiniame sluoksnyje yra žymiai didesnis, nei antropogeninės veiklos paveiktų teritorijų dirvožemiuose. Tai teigiamai įtakoja tankio ir vandentalpos rodiklius - tankis reikšmingai sumažėja, o vandentalpa – reikšmingai padidėja.

### 3.2.4. Labilios organinės anglies kiekis ir pokyčiai skirtinguose dirvožemiuose

C labili sudaro nedidelę dalį suminio dirvožemio organinės anglies kiekio. Vis dėlto, ji laikoma pačiu judriausiu ir reaktingiausiu dirvožemio anglies šaltiniu, kuris įtakoja fizinius, cheminius ir biologinius procesus, vykstančius dirvožemyje. Jautriu dirvožemio organinės medžiagos pokyčių indikatoriumi laikoma tirpi organinės medžiagos dalis, kitaip dar vadinama labilia anglimi ( $C_{\text{labili}}$ ). Daugelyje dirvožemių didžioji organinės anglies dalis yra netirpiose formose, išskyrus nedidelę frakciją – tirpiąją organinę anglį, kurios dalis yra tirpi vandenyje. Vandenyje tirpios organinės medžiagos frakcija – lengviausiai mineralizuojama dirvožemio organinės anglies dalis – nustatoma išmatuojant anglies kiekį vandeniuose ekstraktuose naudojant jautrią laboratorinę įrangą. Mūsų atveju naudojama chromatografijos sistema- jonų chromatografas SKALAR. Ši jautri chromatografijos sistema taikyta nustatyti organinės anglies koncentracijas (2 programa) nuo  $<2$  -100 mg C litre vandeninio ekstrakto.

Paprastai labilios organinės anglies frakcijos yra jautresnės dirvožemio naudojimo pokyčiams. Mūsų tyrimais nustatyta, kad sunkaus priemolio dirvožemyje, rudžemyje, sumažėjus žemės dirbimo intensyvumui, padidėjo labilios C koncentracija armenyje, ir ypač viršutiniame 0-10 cm dirvožemio sluoksnyje:  $0,307 \text{ g kg}^{-1}$  taikant bearimą žemės dirbimą,  $0,305 \text{ g kg}^{-1}$  – taikant tiesioginę sėją su mulču žiemai. Didėjant gyliui LOA koncentracijos mažėjo (29 pav.). Kalkių purvas didino anglies stabilumą, mažėjant labilios C kiekiui.

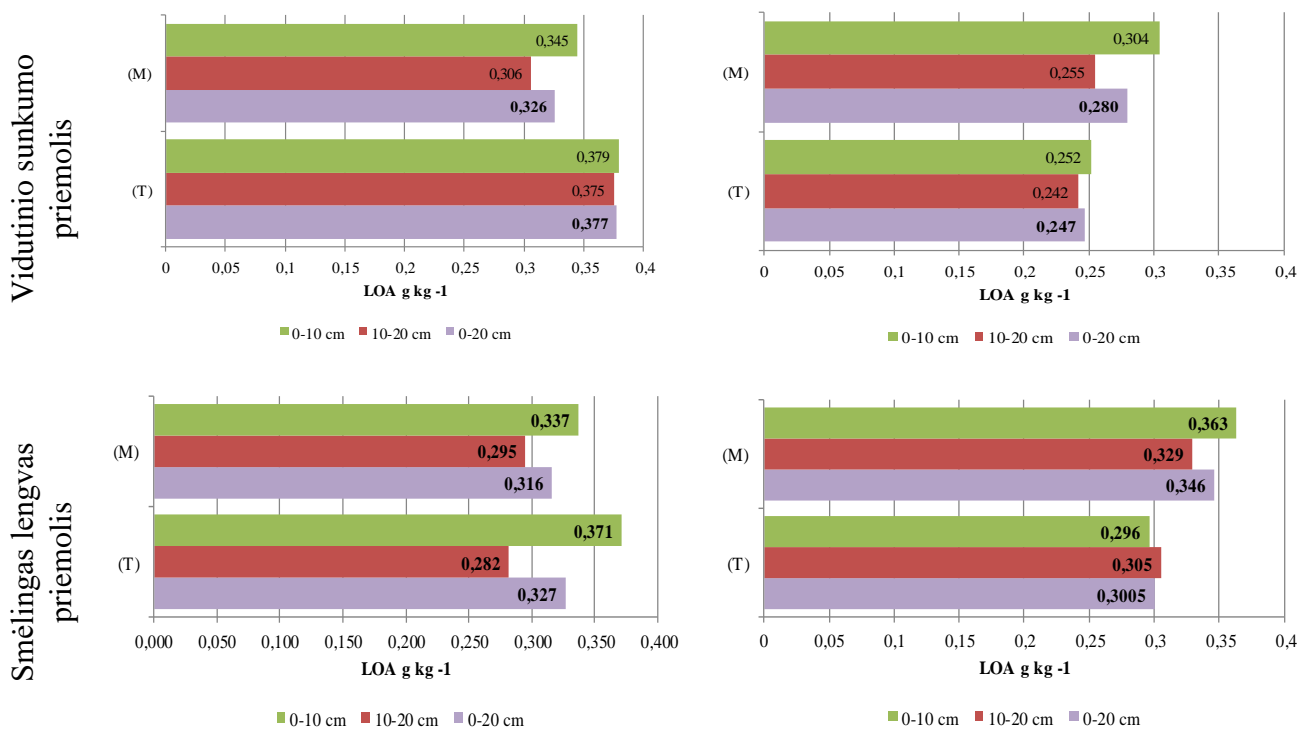


**29 paveikslas.** Labilios organinės anglies kiekis sunkaus priemolio rudžemyje

Čia: LOA – labili organinė anglis; GA – gilus arimas; BD – bearimis žemės dirbimas; BD+kalkių purvas – bearimis žemės dirbimas su kalkių purvo įterpimu; TS+mulčas – tiesioginė sėją su mulču žiemai.

Vidutinio sunkumo ir lengvo smėlingo priemolio rudžemyje gauta, kad daugiausiai labilios anglies nustatyta vidutinio sunkumo priemolio dirvožemyje, 0-10 cm sluoksnyje, taikant tradicinį dirbimą ( $0,379 \text{ g kg}^{-1}$ ), neįterpiant šiaudų (30 pav.).

Labili, vandenyje tirpi anglis $\text{g kg}^{-1}$	
Be šiaudų	Su šiaudais



**30 paveikslas.** Labilios organinės anglies kiekis vidutinio sunkumo priemolio ir smėlingo lengvo priemolio rudžemyje

### 3.2.5. Organinių dirvožemių tyrimai

Sekliojo žemapelkės durpžemio 0–20 cm sluoksnyje reikšmingų pH skirtumų nenustatyta. Tai galėjo lemti nusausinimas, o buvęs naudojimas (miglinės ir pupinės daugiamečių žolės) lėmė vienodos pH durpžemio naudojimo metu susidarymą. Visose tyrimo vietose pH kito intervale 6,00–6,08. Renatūralizacijai vykstant daugiau nei 14 metų, iki šiol juntami dirvožemio cheminės sudėties skirtumai dėl buvusio žemės naudojimo. Atlikus judriųjų  $P_2O_5$  ir  $K_2O$  analizę matome skirtumus, kuriuos nulėmė skirtingas durpžemio naudojimas (24 lentelė).

Judriojo kalio koncentracijų pokyčiai tarp variantų siejasi su pH pokyčiais. Yra žinoma, kad rūgštėjant dirvožemiui judrusis kalis iš dirvožemio išsiplauna intensyviau. Šiuos dėsningumus stebime ir tyrimų variantuose. Daugiausiai judriojo kalio užfiksuota buvusioje tręšiamoje pievoje ( $332,3 \text{ mg kg}^{-1}$ ), o santykinis žymus jo sumažėjimas pastebėtas netręštoje daugiamečių žolių pievoje ( $79,2 \text{ mg kg}^{-1}$ ).

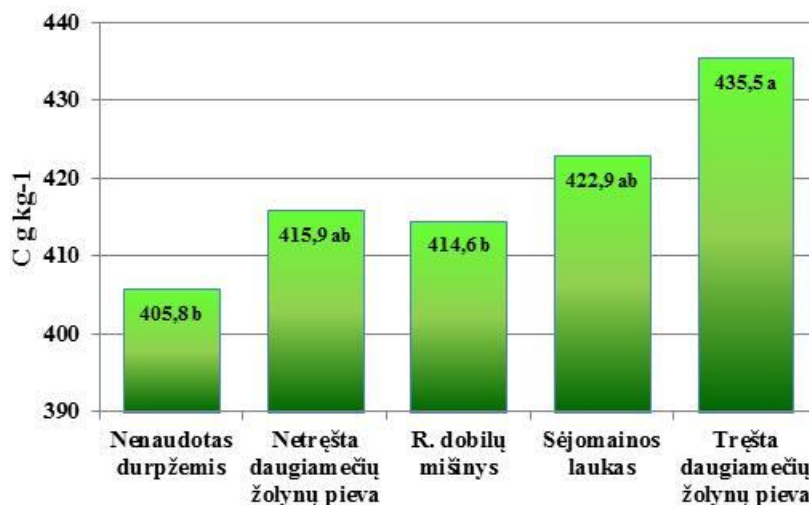
Organinės anglies vidutinis C-org. kiekis 0–20 cm sluoksnyje svyravo nuo  $435,5 - 405,8 \text{ g kg}^{-1}$ . Tyrimais nustatyta, kad intensyviausi dirvožemio anglies transformacijos procesai vyko daugiamečių žolynų pievoje  $435,5 \text{ g kg}^{-1}$  (31 pav.). Mažiausiai sukaupta organinės anglies, dėl durpės mineralizacijos ir irimo, nenaudotame durpžemyje ( $405,8 \text{ g kg}^{-1}$ ) ir r.dobilų pievoje ( $414,6 \text{ g kg}^{-1}$ ).

Tiriant C:N santykį renatūralizuojamuose laukuose, nustatėme, kad C:N pokyčiai, kurie priklauso nuo buvusių žemėnaudų, išliko (32 pav.).

**24 lentelė.** Sekliojo žemapelkės durpžemio pH ir judrieji elementai 0–20 cm.

Seklusis žemapelkės durpžemis	$pH_{KCl}$	$P_2O_5$	$K_2O$
-------------------------------	------------	----------	--------

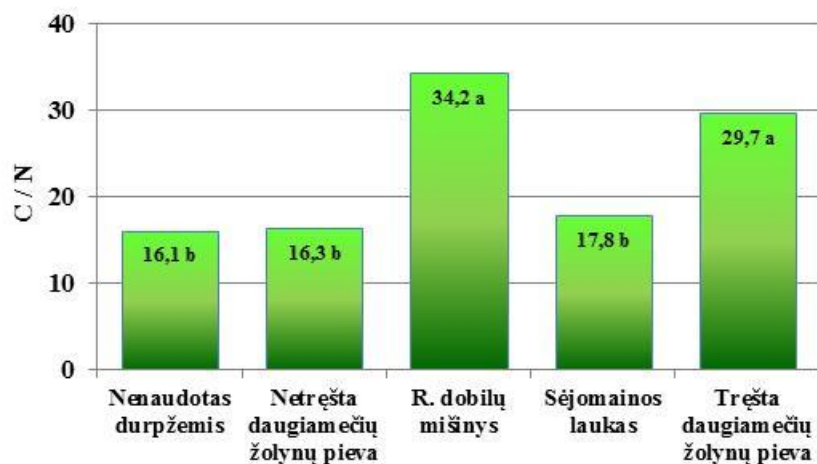
		Judrieji (A–L) mg kg <sup>-1</sup>	
Nenaudojama žemapelkė	6,05 a	86,9 bc	129,3 a
Netręšta daugiamečių žolynų pieva	6,00 a	69,3 c	79,2a
Sėjomainos - kaupiamųjų augalų laukas	6,09 a	130,4 a	324,2 a
Raudonųjų dobilų - motiejukų mišinys	6,02 a	103,7 ab	99,5 a
Tręšta daugiamečių žolynų pieva	6,08 a	88,8 bc	332,3 a



**31 paveikslas.** Organinės anglies kiekis sekliajame žemapelkės durpžemyje 0–20 cm

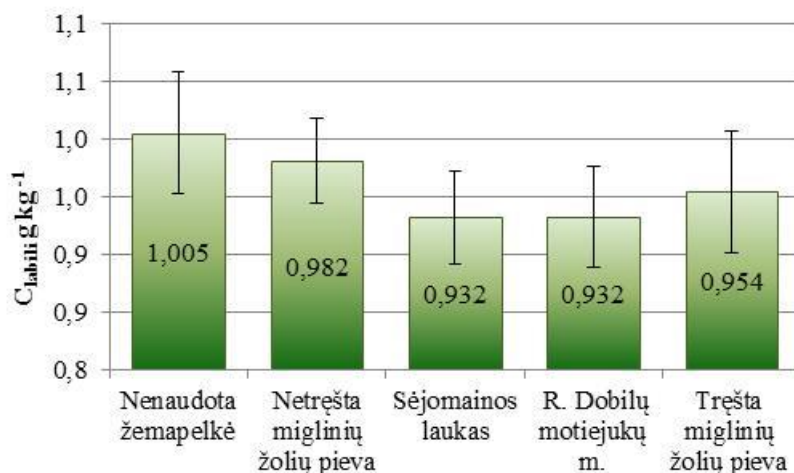
Visose tirtose žemėnaudose C:N santykiai varijuoja nuo 16,1 iki 34,2. Nustatyta, kad durpžemio naudojimas ilgalaikėms pievoms auginti turėjo teigiamos įtakos C:N santykiui, taip pagerindama dirvožemio agregaciją ir sumažindama mineralizacijos procesus. Didžiausi C:N santykio reikšmės nustatyti buvusiam r.dobilų ir motiejukų lauke (34,2), o mažiausi – nenaudojamoje žemapelkės durpžemyje (16,1) ir netręštame daugiamečių žolynų pievoje (16,3), čia vyksta intensyviausia mineralizacija ir organinės medžiagos skaidymasis.

**Labilios organinės anglies pokyčiai organiniuose dirvožemiuose.** Jautriu dirvožemio organinės medžiagos pokyčių indikatoriumi laikoma tirpi organinės medžiagos dalis, jos pagrindinio komponento dalis, kitaip dar vadinama labilia anglimi ( $C_{labili}$ ).  $C_{labili}$  sudaro nedidelę dalį suminio dirvožemio organinės anglies kiekio. Vis dėlto ji laikoma pačiu judriausiu ir reakingiausiu dirvožemio anglies šaltiniu, kuris įtakoja fizinius, cheminius ir biologinius procesus, vykstančius dirvožemyje. Daugelyje dirvožemių didžioji organinės anglies dalis yra netirpiose formose, išskyrus nedidelę frakciją – tirpiąją organinę anglį, kuri yra tirpi vandenyje. Vandenyje tirpios organinės medžiagos frakcija – lengviausiai mineralizuojama dirvožemio organinės anglies dalis – nustatoma išmatuojant anglies kiekį vandeniuose ekstraktuose naudojant jautrią laboratorinę įrangą.



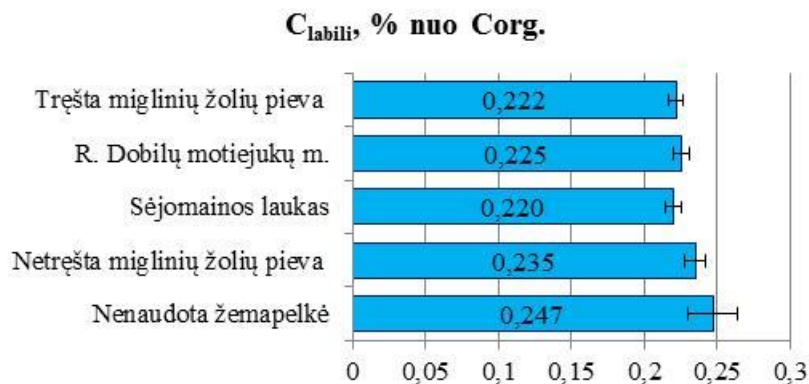
**32 paveikslas.** C:N santykis skirtingos žemėnaudos durpžemyje 0–20 cm

Renatūralizacijos veikiamame durpžemyje labilios anglies kiekiai kito nuo 0,9 iki 1,0 g kg<sup>-1</sup>. Nusausintas ir buvęs dirbamas (auginant miglines žoles, tręšiant mineralinėmis trąšomis) sekus žemapelkės durpžemis išlaikė stabilesnę dirvožemio anglį, nei ilgą laiką nenaudojama žemapelkė, čia nustatytas didžiausias labilios anglies kiekis (vid. 0–20 cm) - 1,00 g kg<sup>-1</sup> (33 pav.).



**33 paveikslas.** Labilios vandenyje tirpios anglies kiekiai žemapelkės durpžemyje 0–20 cm

Didelė labilios organinės anglies dalis % nuo suminės organinės anglies kiekio agroekologiniu požiūriu vertintina neigiamai, nes tai rodo anglies transformaciją į mažiau tvarias formas. Esant didesniai labilios anglies kiekiui durpžemis tampa mažiau labiau pažeidžiamas. Apskaičiavus santykinę labilios organinės anglies dalį nuo suminės organinės anglies kiekio, matome, kad intensyviausia mineralizacija (0–30 cm) vyksta nenaudotame žemapelkės durpžemyje (0,25 % nuo C<sub>org</sub>) lyginant su kitom buvusiom žemėnaudom, o stabilesnę anglį išlaikė tręšta miglinių žolių pieva (0,21 % nuo C<sub>org</sub>) (34 pav.).



**34 paveikslas.** Labilios organinės anglies santykinė dalis, išreikšta % nuo organinės anglies kiekio, sekliame žemapelkės durpžemyje 0–20 cm

Labilios anglies santykis suminės organinės anglies atžvilgiu leidžia spręsti apie organinės medžiagos patvarumą. Kuo labilios anglies durpžemyje daugiau, tuo didesnę dalį sudaro nuo C<sub>org</sub>, tuo jame intensyvesni mineralizacijos procesai. Žemapelkės durpžemyje intensyviausia mineralizacija yra būdinga nenaudotame durpžemyje, tuo tarpu žemapelkės naudojimas taikant sėjomainą ar daugiametės žolės, mineralizaciją silpnina, tuo pačiu mažindama ir labilios anglies kiekį.

### **3.2.6. Judriosios humuso medžiagos ir humifikacija.**

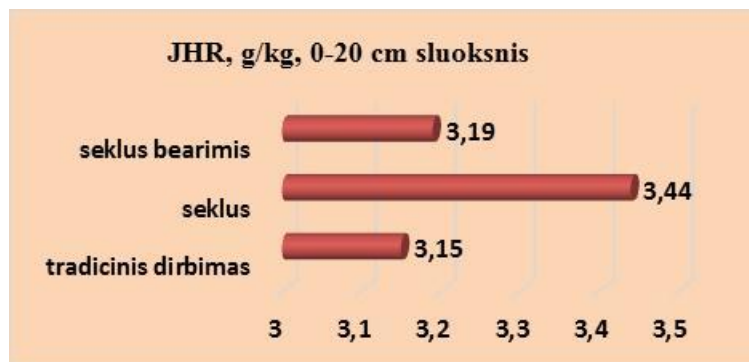
Judriosios humuso medžiagos priskiriamos prie jauniausių ir aktyviausių humuso formų ir pasižymi sparčiu skaidymusi, palyginti su stabiliomis humuso formomis. Ši judrioji dirvožemio organinės anglies dalis gali būti greitai suskaidoma mikroorganizmų, kaip anglies ir energijos šaltinis. Mineralizacijos proceso metu humuso rūgštys dirvožemį praturtina maisto medžiagomis, būtinomis augalų mitybai ir antžeminės masės formavimuisi. Tokie gauti rezultatai gali būti siejami su mineralinių (NPK) trąšų panaudojimu, kas skatino judriųjų humuso ir huminių rūgščių kaupimąsi, ir anglies įjungimą į šiuos junginius. Remiantis gautais rezultatais, galima teigti, kad judriųjų humuso ir huminių rūgščių sukaupė naudojant augiametės miglines žolės, negu kitose žemėnaudose. Kartu su pagrindine tradicine žolynų paskirtimi – tiekti pašarus gyvulininkystei, kita jų atliekama funkcija yra įtakoti ir gerinti dirvožemio, kuriame auga, kokybę. Anglis yra vienas esminių elementų visiems biologiniams procesams. Pagrindinės dirvožemio savybės tiesiogiai priklauso nuo anglies kiekio jame. Yra nustatyta, kad apie 30% C atsargų mūsų planetoje yra sukaupta žolynų ekosistemose, didžioji dalis iš to kiekio – dirvožemyje. Žolynuose auginant žolių rūšis, kurios išaugina didelį antžeminės biomasės kiekį arba turi gerai išvystytą šaknų sistemą, galima padidinti organinės C sankaupas dirvožemyje. Anglies sekvestravimas - tai atmosferos CO<sub>2</sub> perkėlimas į ilgaamžes formas dirvožemyje, leidžiantis fotosintezės, mineralizacijos ir humifikacijos procesų dėka palaikyti ir padidinti organinės medžiagos kiekį dirvožemyje, sekvestruoti anglį, teigiamai veikti ekosistemos kokybę, o tuo pačiu įtakoti klimato kaitą. Ariamos žemės keitimas į ilgaamžius žolynus leidžia stabilizuoti dirvožemio organinės anglies (DOA) kiekį dėl sumažėjusio dirvožemio ardymo ir padidėjusio į dirvožemį grįžtančių augalinių liekanų kiekio bei didelės žolių šaknų biomasės. Anglies transformavimą į stabilias formas rodo didelis huminių ir fulvinių rūgščių santykis. Didžiausia transformaciją į stabilias formas, pagal JHR/FR santykį, vyksta miglinių žolių pievoje, čia taip pat nustatyta didžiausias humifikacijos laipsnis (%).

Mažiausiai jautriųjų humuso medžiagų ( $145,7 \text{ g kg}^{-1}$ ) ir huminių rūgščių ( $74,6 \text{ g kg}^{-1}$ ) nustatyta nenaudojame durpžemyje. Taip pat šiame durpžemyje mažiausias JHR/FR santykis, bei humifikacija (25 lentelė). Remiantis tyrimo rezultatais, palankiausia organinės anglies stabilizavimo atžvilgiu nusausinto durpžemio išėjimas daugiamečiais miglinėmis ir pupinėmis žolėmis. Durpžemyje organinės medžiagos ir kitų cheminės sudėties rodiklių pokyčiai vyksta daug intensyviau negu mineraliniuose dirvožemiuose. Per metus durpių sluoksnis gali mineralizuotis iki 5 cm gylio ( $6,0\text{--}8,0 \text{ t ha}^{-1}$  sausųjų medžiagų). Mažiausiai organinių medžiagų suyra auginant daugiamečes žoles, kurios kasmet dirvoje palieka daug šaknų ir ražienų. Todėl žemapelkėse geriausia įrengti ilgalaikius žolynus, kurie, tinkamai naudojami, duotų gausų žolės derlių.

**25 lentelė.** Sekliojo žemapelkės durpžemio judriosios humuso medžiagos (JHM), judriosios huminės rūgštys (JHR), huminių rūgščių ir fulvinių rūgščių santykis (JHR/FR) ir humifikacijos laipsnis 0–20 cm sluoksnyje

Naudojimas	JHM	JHR	JHR/FR	Humifikacijos laipsnis %
	g kg <sup>-1</sup>			
Nenaudojama žemapelkė	145,7	74,6	1,05	18,39
Netręšta miglinių žolių pieva	152,8	85,0	1,26	20,45
Sėjomainos laukas	149,1	78,2	1,11	18,50
R. dobilų motiejukų mišinys	155,4	82,9	1,15	20,01
Tręšta miglinių žolių pieva	156,1	84,6	1,18	19,43

Anglies dalyvavimą humifikacijos procesuose veikia žmogaus veikla (žemės dirbimas). 35 paveiksle pateikti duomenys rodo, kad 0-20 cm sluoksnyje silpnai rūgščiame balkšvažemyje anglies susikaupimą įsijungiant jai į humines rūgštis, labiausiai skatino sekus žemės dirbimas (12-15 cm), lyginant su tradiciniu giliu (iki 25 cm). Įprastą dirbimą pakeitus sekliu, padidėjimas šiame sluoksnyje buvo >9 %.



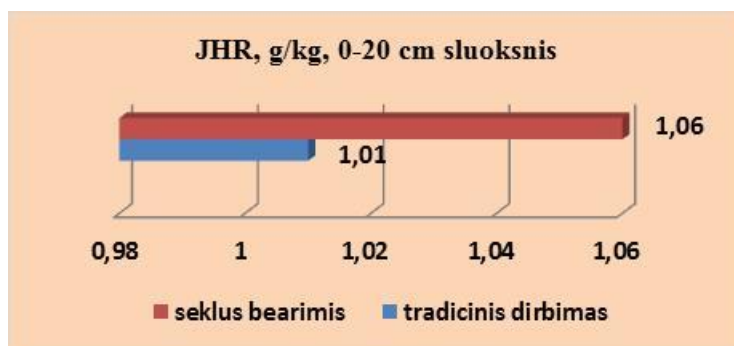
**35 paveikslas.** Judriosios huminės rūgštys (JHR) taikant skirtingą žemės dirbimą (0–20 cm sluoksniu)

Artimos neutraliai reakcijos molio dirvožemyje sekus dirbimas nežymiai didino humifikaciją, kaupiantis judriosioms huminėms rūgštims (36 pav.). Tačiau šis padidėjimas nebuvo ženklus, < 5%, ir procesai vyko silpniau, negu lengvo priemolio dirvožemyje. Neutralios reakcijos molio dirvožemyje jautriųjų humuso medžiagų buvo triskart mažiau, negu lengvo priemolio dirvožemyje, o tai rodo, kad dėl cheminių-fizikinių sąveikų dirvožemyje anglis yra labiau stabilizuota.

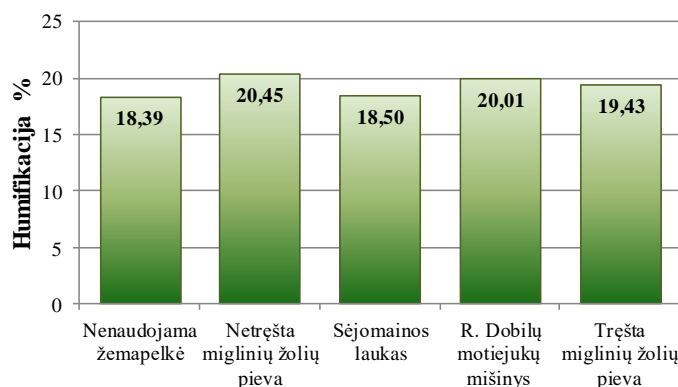
Daugiau huminių rūgščių, didesnis humifikacijos laipsnis buvo žolynų dirvožemyje, palyginus su dirbamu lauku. Žolynais užimtas dirvožemis pasižymėjo didesniu humifikacijos laipsniu-19,4-20,5,



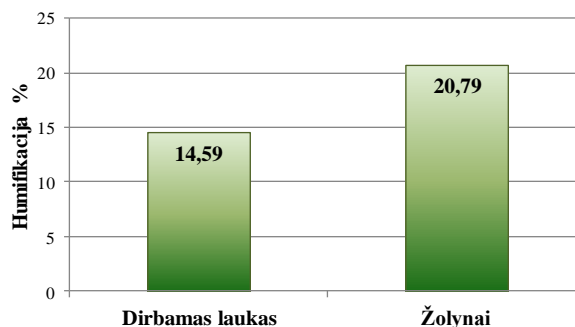
negu be žolynų-18,4 (37 pav.). Žolyno naudojimas net 43% didino humifikacijos laipsnį mineraliniame dirvožemyje (38 pav.).



**36 paveikslas.** Judriosios huminės rūgštys (JHR) taikant seklių bearimą ir tradicinį žemės dirbimą, 0–20 cm sluoksnis



**37 paveikslas.** Humifikacija skirtingai naudojamame organiniame dirvožemyje (0-20 cm sluoksnis)



**38 paveikslas.** Humifikacija skirtingai naudojamame mineraliniame dirvožemyje (0-20 cm sluoksnis)

### 3.2.7. Augalinės kilmės organinių trąšų poveikis C-org sekvestracijai miglinių javų sėjomainoje

Anglies ciklas agroekosistemose susideda iš daugelio kintančių procesų. Skirtingų augalų įterpiamos sukauptos organinės medžiagos skiriasi kiekiu bei kokybine sudėtimi. Pastebima, kad



anglies kaupimasis didėja didinant tręšimą azotu, tačiau efektas vėlgi priklauso nuo daugelio veiksnių, kaip jau dirvožemio esamo derlingumo, organinių medžiagų įterpimo laiko ir pan.

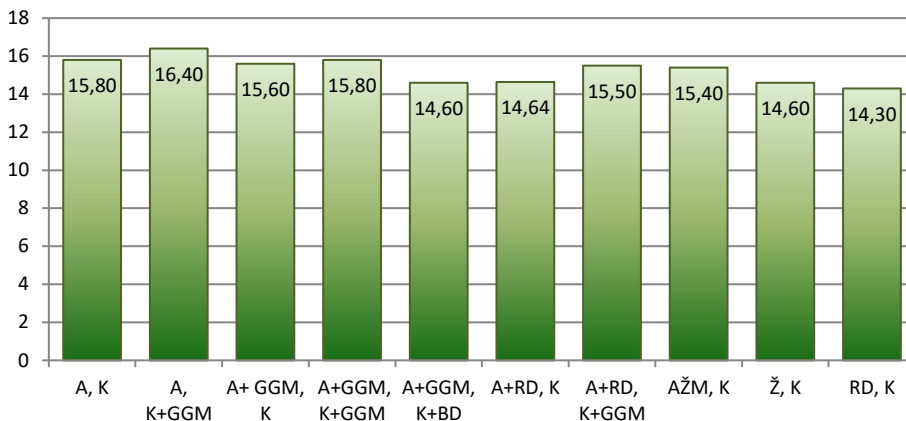
Organinės anglies vidutinis C-org. kiekis 0–25 cm sluoksnyje svyravo nuo 24,1 iki 27,1 g kg<sup>-1</sup> (26 lentelė), naudojant skirtingas organines medžiagas ir skirtingu kiekiais, nors vienareikšmiškai teigti, jog viena ar kita priemonė didino anglies sukaupimą būtų sunku, nors naudojant dvejus metus iš eilės tręšimui granuliuotą galvijų mėšlą tokią tendenciją galima būtų išvelgti. Tiksliau gal galima būtų pasakyti atlikus detalesnę duomenų analizę, tai yra paanalizavus pokytį rodiklio prieš naudojant priemones ir panaudojus, kas vėliau ir bus atliekama skaičiuojant anglies sukaupimo potencialą.

**26 lentelė.** Dirvožemio agrocheminiai rodikliai naudojant skirtingas organines medžiagas

I sėjomainos metai	Augalai, pupinių žolių įsėliai, organinės trąšos		0-25 cm sluoksnyje III sėjomainos metų rudenį			
	II sėjomainos metai	III sėjomainos metai	N g kg <sup>-1</sup>	P mg kg <sup>-1</sup>	K mg kg <sup>-1</sup>	C org g kg <sup>-1</sup>
A	K	M	1,70	45,4	193,0	26,8
A	K+GGM	M	1,59	51,1	225,1	26,0
A+GGM	K	M	1,54	39,1	208,7	24,1
A+GGM	K+GGM	M	1,70	37,9	202,7	26,9
A+GGM	K+BD	M	1,67	34,6	198,7	24,4
A+RD	K	M	1,79	49,1	223,9	26,2
A+RD	K+GGM	M	1,70	46,1	233,1	26,3
AŽM	K	M	1,76	46,3	204,3	27,1
Ž	K	M	1,76	39,7	198,3	25,7
RD	K	M	1,84	47,3	224,3	26,3

Pastaba: A - avižos, AŽM - avižų ir žirnių mišinys, Ž - žirniai, RD - raudonieji dobilai, BD – baltieji dobilai, K – vasariniai kviečiai, M – vasariniai miežiai, GGM - granuliuotas galvijų

#### C:N santykis



Čia: A - avižos, AŽM - avižų ir žirnių mišinys, Ž - žirniai, RD - raudonieji dobilai, BD – baltieji dobilai, K – vasariniai kviečiai, M – vasariniai miežiai, GGM - granuliuotas galvijų

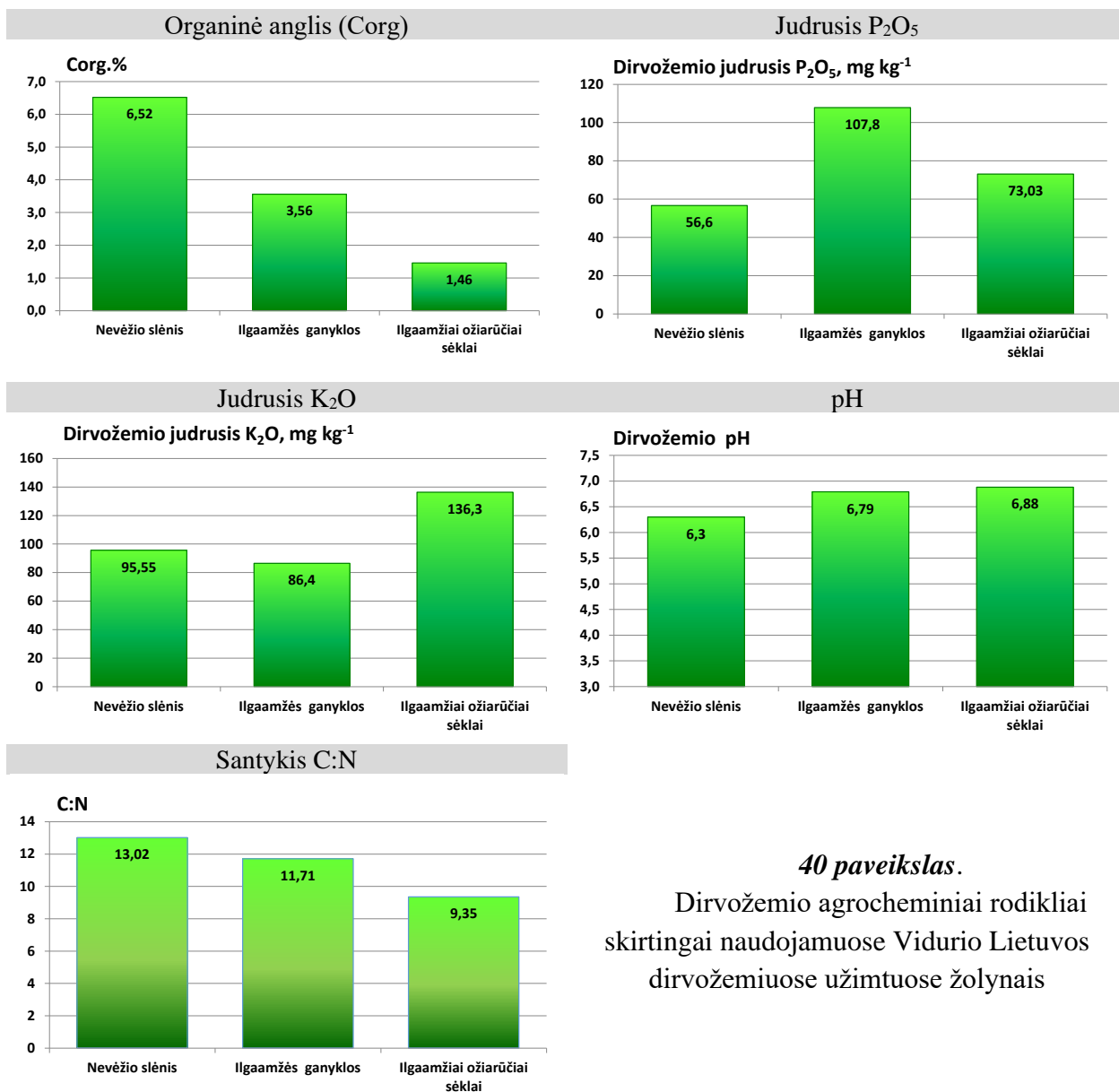
#### **39 paveikslas.** C:N santykis naudojant skirtingas organines medžiagas, 0-25 cm sluoksnyje

Organinių medžiagų mineralizacijos, imobilizacijos procesai bei jų greitis skirtingose agroekosistemose ar jose naudojant skirtingas agrotechnologines priemones yra nevienodi dėl konkrečioms dirvoms būdingų fizikinių, cheminių ir biologinių veiksnių. Organinių medžiagų skaidymasis priklauso ir nuo įterpiamos medžiagos kokybinės sudėties ir labai priklauso susidarančio anglies ir azoto santykio (C:N). Iš 39 paveiksle pateiktų duomenų pastebime, jog C:N rodiklis

panaudojus skirtingas organines medžiagas ir jų kiekius, kiek skyrėsi. Siauriausias santykis pastebimas, panaudojus pupinių augalų masę tręsimui.

### 3.2.8. Ariamos žemės konversijos į žolynus tyrimai

Pagrindinės dirvožemio funkcijos labai susijusios su dirvožemio organinės medžiagos kiekiu, taip pat ir kokybe. Dirvožemio organinė medžiaga yra svarbi dirvožemio organizmams, jų įvairovei, augalų mitybai, vandens režimui, dirvožemio agregatų stabilumui ir erozijos kontrolei. Žemėnaudos įtakoja dirvožemio organinę medžiagą ir pagrindinį jos komponentą–anglį (C). Skirtingos žemėnaudos– jų naudojimo tipas, trukmė – yra susijusios su jų poveikiu dirvožemio C, bet tai nepakankamai moksliskai ištirta ir aprašyta, todėl svarbi kryptis naujuose tyrimuose. Mūsų gauti tyrimų duomenys parodo dirvožemyje 0–20 cm sluoksnyje sukauptos C kiekį (40 pav.).



#### 40 paveikslas.

Dirvožemio agrocheminiai rodikliai skirtingai naudojamuose Vidurio Lietuvos dirvožemiuose užimtuose žolynais

Vidurio Lietuvoje daugiausiai organinės C buvo sukaupta natūralių durpėjančių (Nevėžio slėnis) ir ekstensyviai naudojamų ilgaamžių ganyklų (Valinava, Kėdainių r.) dirvožemyje. Sėtinių sėklai

naudojamų žolynų (ožiarūtis) dirvožemis taip pat šiek tiek praturtėjo C. Yra žinoma, kad kai kurie intensyviai dirbami dirvožemiai yra praradę iki pusės ankstesnės natūraliai susiformavusios anglies kiekio, todėl tinkamas jų naudojimas užtikrintų C-org kaupimą, jų atstatymą. Tam tikra C šaltinių dalis gali būti atstatyta vykdant žemėnaudos konversiją, taikant tinkamas žemdirbystės sistemas, naudojant konservuojantį, tausojantį žemės dirbimą, mulčius, mėšlą ir kitas vandenį bei dirvožemį tausojančias priemones. Šios priemonės gali turėti įtakos C sekvestravimui nuo 50 iki 1000 kg ha<sup>-1</sup> per metus. Atsistatomasis žemės naudojimas, rekomenduojamos tinkamos jo naudojimo praktikos taikymas žemdirbystei naudojamuose dirvožemiuose gali sumažinti anglies dvideginio išmetimo į atmosferą lygį, darant teigiamą įtaką maisto saugai, vandens ir aplinkos kokybei.

Tyrimais nustatyta, kad minėtuose Vidurio Lietuvos dirvožemiuose užimtuose žolynais judriųjų fosforo ir kalio kaupimasis priklausė nuo žemėnaudos: daugiausiai judriojo fosforo 0-20 cm sluoksnyje nustatyta ilgaamžių ganyklų (107,8 mg kg<sup>-1</sup>), o daugiausiai judriojo kalio- sėklinio žolyno dirvožemyje (136,3 mg kg<sup>-1</sup>) (12-13 pav.). Tirti dirvožemiai mažai skyrėsi pagal pH, kuris buvo artimas neutraliam (40 pav.).

Iš tyrimų preliminarių duomenų matyti, kad žemės ūkio paskirties dirvožemis, naudojant jį žolynų auginimui, vidutiniškai gali turėti 1,5-3,6% anglies, o natūraliose gamtinėse vietovėse- net iki 6,5 %. Gauti duomenys yra reikšmingi, tačiau siekiant nustatyti C kaupimo potencialą įvairiose gamtinėse, klimatinėse ir naudojimo sąlygose, tyrimus būtina toliau tęsti.

### **3.3. Tyrimai VDU ŽŪA**

#### **3.3.1. Ilgalaikiai augalų kaitos tyrimai**

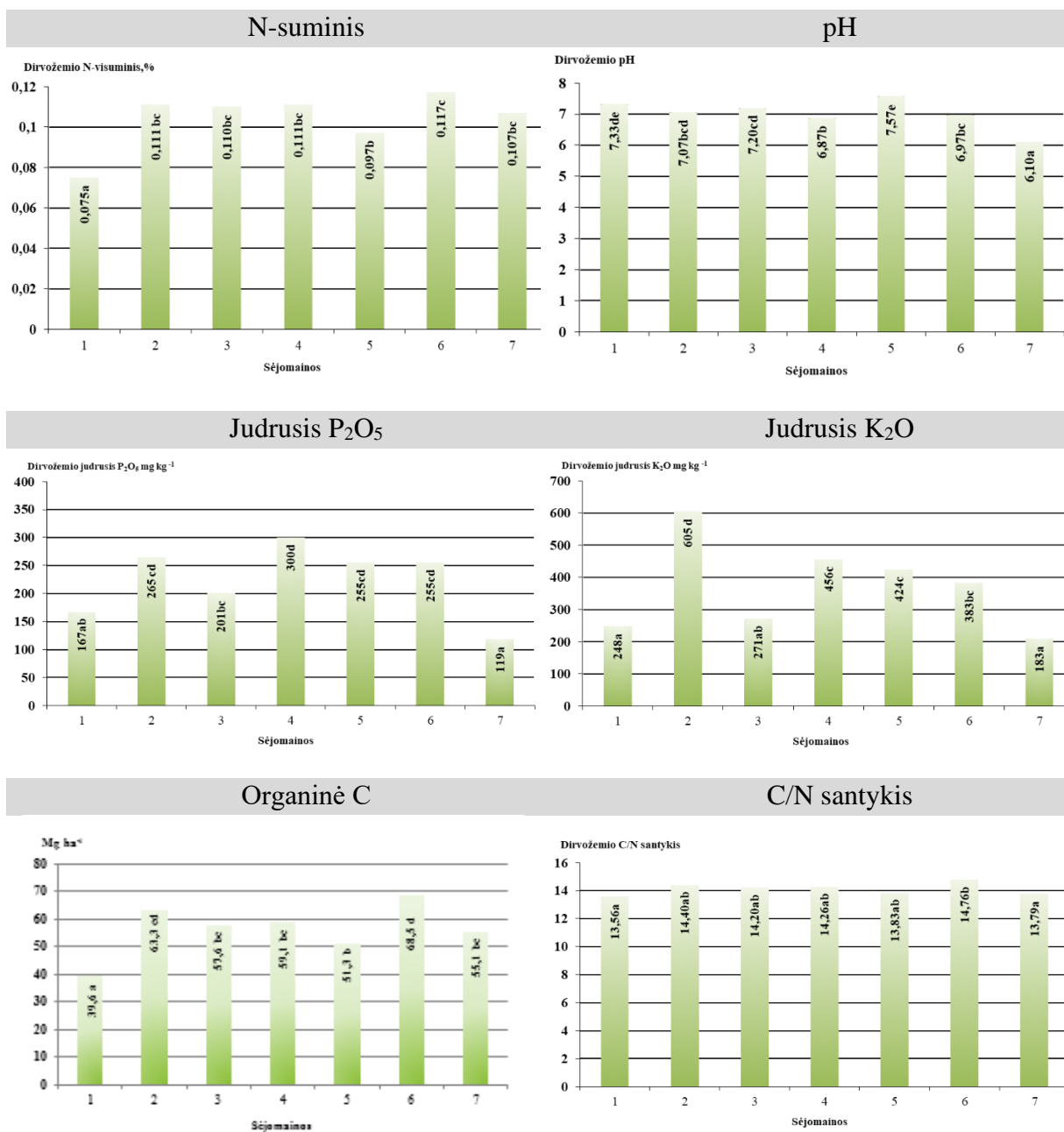
Daugiau kaip 50 metų (nuo 1967 m.) taikoma skirtinga augalų kaita turėjo esminės įtakos dirvožemio agrocheminėms savybėms, tame tarpe organinės anglies sankaupoms armens sluoksnyje. Dėl skirtingos augalų kaitos išryškėję augalų maisto medžiagų kiekio skirtumai dirvožemyje įtakoja ne tik augalų mitybos pobūdį, bet ir kyla pavojus, kad nesunaudotas jų kiekis su dirvožemiu bei paviršiniaus vandenimis gali būti greičiau iš dirbamų laukų išplaunamas į melioracinius griovius, patekti į vandens telkinius ir teršti aplinką.

Vasariniai miežiai auginti javų, lauko su kaupiamaisiais augalais, Norfolko, sideracinėje, intensyvioje su tarpiniais pasėliais ir pašarinėje sėjomainose. Miežių priešėlis javų sėjomainoje buvo avižos, o kitose sėjomainose – įvairūs kaupiamieji.

Didžiausias suminio azoto kiekis po miežių derliaus nuėmimo rastas intensyvioje sėjomainoje, kurioje tarpiniai pasėliai užima 33% ploto (41 pav.). Tuo tarpu sideracinėje sėjomainoje – 1,20 karto mažesnis kiekis. Kitos sėjomainos esminės įtakos visuminio azoto kiekiui neturėjo. Nuolatiniam pūdyme, palyginus su intensyvia sėjomaina, visuminio azoto buvo 1,56 karto mažiau.

Didžiausias pH po miežių nuėmimo buvo nustatytas sideracinėje sėjomainoje – 7,57. Pastovus sideratų įterpimas šarmina dirvožemį. Javų ir lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomainose - pH esmingai mažesnis (7,07-7,20). Palyginus su šiomis sėjomainomis, esmingai mažesnis pH rastas Norfolko ir intensyvioje sėjomainose, o mažiausiais pašarinėje sėjomainoje (tik 6,10).

Po miežių nuėmimo daugiausiai judriojo fosforo rasta Norfolko sėjomainoje (300 mg kg<sup>-1</sup>), ne ką mažiau ir javų, sideracinėje bei intensyvioje sėjomainose. Pašarinėje ir lauko su kaupiamaisiais sėjomainose judriojo fosforo rasta mažiausiai (119 ir 201 mg kg<sup>-1</sup>). Tai 2,52 ir 1,49 kartų mažiau nei Norfolko sėjomainoje.



**41 paveikslas.** Ilgalaikės augalų kaitos poveikis dirvožemio agrocheminiams rodikliams miežių pasėliuose 51-aisiais tyrimo metais 0-20 cm armens sluoksnyje.

Čia: 1 – Nuolatinis juodasis pūdymas, 2 – Javų sėjomaina, 3 – Lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomaina, 4 – Norfolkio sėjomaina, 5 – Sideracinė sėjomaina, 6 – Intensyvi sėjomaina, 7 – Pašarinė sėjomaina. Pastaba: tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d), skirtumai yra esminiai (P<0,05).

Miežienoje daugiausiai judriojo kalio nustatyta javų sėjomainoje (605 mg kg<sup>-1</sup>), kur šiaudai pastoviai paliekami trąšai. Daug judriojo kalio būta Norfolkio, sideracinėje ir intensyvioje sėjomainose (atitinkamai 456, 424 ir 383 mg kg<sup>-1</sup>). Pašarinėje ir lauko su kaupiamaisiais sėjomainose judriojo kalio rasta mažiausiai (atitinkamai 183 ir 271 mg kg<sup>-1</sup>). Tai 3,31 ir 2,23 kartų mažiau nei javų sėjomainoje.

Didžiausios organinės anglies sankaupos nustatytos intensyvioje sėjomainoje su tarpiniais pasėliais (68,5 Mg ha<sup>-1</sup>). Panašus C sankaupų kiekis buvo javų sėjomainoje, o lauko su kaupiamaisiais,

Norfolko bei pašarinėje sėjomainose – esmingai mažesnis. Mažiausi organinės anglies rasta sideracinėje ( $51,3 \text{ Mg ha}^{-1}$ ) sėjomainoje, kur miežių priešsėlis buvo bulvės. Tai atitinkamai 33 % mažiau nei intensyvioje sėjomainoje. Nuolatiniam pūdyme organinės anglies sancaupų rasta 1,7 karto mažiau, nei intensyvioje sėjomainoje

Po miežių nuėmimo didžiausias organinės anglies ir azoto santykis buvo nustatytas (14,76:1) intensyvioje sėjomainoje, tačiau lyginant su kitomis sėjomainomis skirtumai neesminiai. Tik pašarinėje sėjomainoje šis santykis esmingai mažesnis (13,79:1), palyginus su rasta intensyvioje sėjomainoje.

Dėl 2017 metų meteorologinių sąlygų, kai iškrito didelis kritulių kiekis, žieminius kviečius 2018 04 24 teko atsėti vasariniais kviečiais ‚Wicki‘ ( $280 \text{ kg/ha}$ ). Vasariniai kviečiai auginti javų, lauko su kaupiamaisiais augalais ir Norfolko sėjomainose. Kviečių priešsėlis javų sėjomainoje buvo vikių avių mišinys žaliajam pašarui, lauko sėjomainoje su kaupiamaisiais - juodasis pūdymas, o Norfolko sėjomainoje - daugiametės žolės.

Kvietienoje skirtingos sėjomainos taip pat turėjo esminės įtakos dirvožemio agrocheminėms savybėms. Didžiausias suminio azoto kiekis dirvožemyje rastas Norfolko sėjomainoje (0,133 %), o kitose sėjomainose – esmingai mažesnis (42 pav.).

Sėjomainose tarp dirvožemio pH esminių skirtumų nenustatyta. Nuolatiniam pūdyme dirvožemio pH buvo esmingai didesnis, nei sėjomainose.

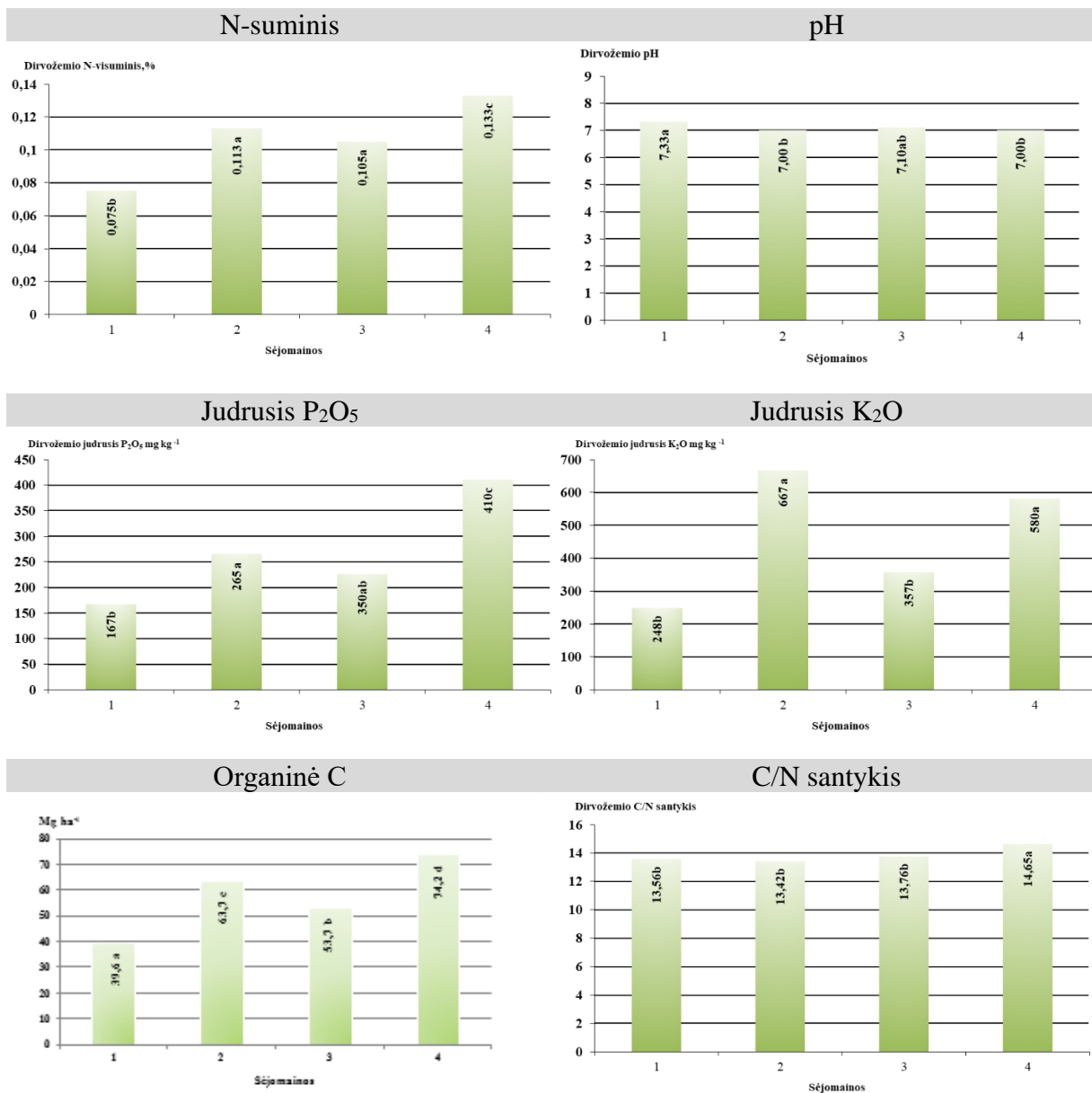
Po vasarinių kviečių nuėmimo judriojo fosforo daugiausia rasta Norfolko, o judriojo kalio – javų ir Norfolko sėjomainų dirvožemiuose. Palyginus su kitomis sėjomainomis šie skirtumai esminiai.

Didžiausios dirvožemio organinės anglies sancaupos nustatytos Norfolko sėjomainos kvietienoje, kur jos rasta  $74,2 \text{ Mg ha}^{-1}$ . Čia kviečiai auginti po daugiamečių žolių ir kasmet dirvožemio derlingumą mažinantys augalai keičiami dirvožemio derlingumą didinančiais. Javų ir lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomainose organinės anglies sancaupų esmingai mažiau. Pastarosiose sėjomainose kviečiai augo atitinkamai po vikių-avių mišinio ir po pūdymo. Nuolatiniam pūdyme organinės anglies rasta 1,9 karto mažiau, nei Norfolko sėjomainoje. Esmingai mažiau C sancaupų nustatyta ir palyginus su javų bei lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomainomis.

Didžiausias dirvožemio organinės anglies ir azoto santykis nustatytas Norfolko sėjomainoje (14,65:1), o kitose sėjomainose - esmingai mažesnis.

Dėl nepalankių meteorologinių sąlygų, kai 2017 metais iškrito didelis kritulių kiekis, žieminius rugius teko atsėti 2018 04 24 vasariniais rugiais ‚Bojko‘ ( $285 \text{ kg/ha}$ ). Vasarinių rugių pasėliai auginti lauko su kaupiamaisiais augalais, sideracinėje, trilaukėje ir intensyvioje sėjomainose, tai pat monopasėlyje. Lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomainoje vasarinių rugių priešsėlis – daugiametės žolės II naudojimo metų, sideracinėje – lubinai žaliajai trąšai, trilaukėje – juodasis pūdymas, intensyvioje sėjomainoje - bulvės.

Po rugių derliaus nuėmimo didžiausias suminio azoto kiekis dirvožemyje nustatytas sideracinėje (0,112 %) ir lauko su kaupiamaisiais (0,110 %) sėjomainose. Kitose sėjomainose, palyginus su sideracine sėjomaina, visuminio azoto kiekis esmingai mažesnis (43 pav.).



**42 paveikslas.** Ilgalaiškės augalų kaitos poveikis dirvožemio agrocheminiams rodikliams kviečių pasėliuose 51-aisiais tyrimo metais 0-20 cm armens sluoksnyje.

Čia: 1 – Nuolatinis juodasis pūdymas, 2 – Javų sėjomaina, 3 – Lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomaina, 4 – Norfolko sėjomaina  
 Pastaba: tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d), skirtumai yra esminiai (P<0,05).

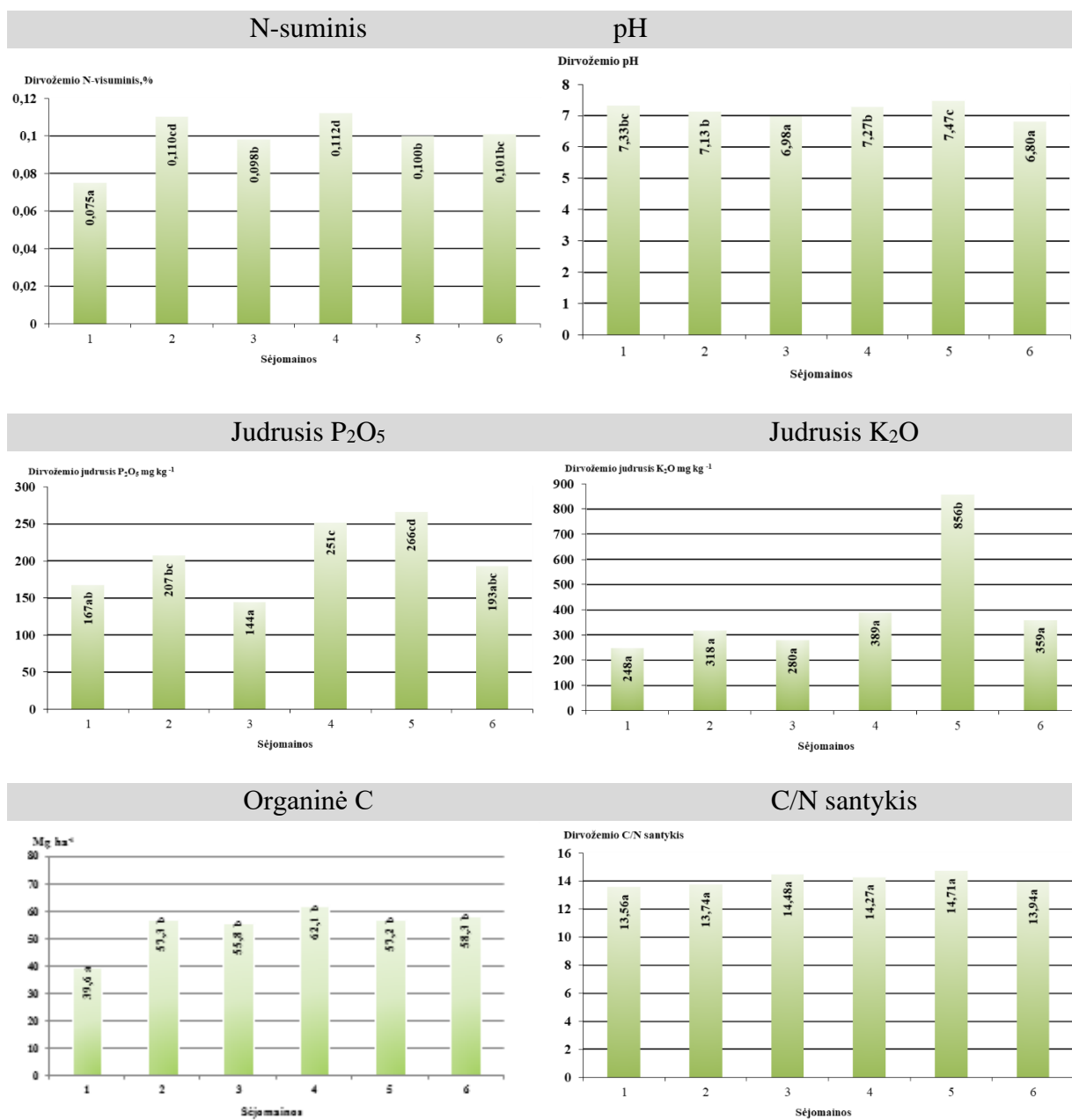
Didžiausias dirvožemio pH po vasarinių rugių nuėmimo rastas trilaukėje sėjomainoje (7,47). Palyginus su šia sėjomaina, sideracinėje ir lauko su kaupiamaisiais sėjomainose dirvožemio pH esmingai mažesnis ir buvo atitinkamai 7,27 ir 7,13. Dar mažesnis dirvožemio pH buvo nustatytas rugių monopasėlyje ir intensyvioje sėjomainoje (atitinkamai 6,98 ir 6,80).

Daugiausiai judriojo fosforo rasta trilaukėje sėjomainoje (266 mg kg<sup>-1</sup>), ne ką mažiau ir sideracinėje, lauko su kaupiamaisiais bei intensyvioje sėjomainose. Rugių monopasėlyje judriojo

fosforo rasta mažiausiai. Judriojo kalio vėlgi daugiausia trilaukėje sėjomainoje ( $856 \text{ mg kg}^{-1}$ ), o kitose sėjomainose – esmingai mažiau.

Rugienoje sėjomainos organinės anglies sankaupoms esminės įtakos neturėjo. Didžiausias dirvožemio organinės anglies kiekis rastas sideracinėje -  $62,1 \text{ Mg ha}^{-1}$  ir intensyvioje –  $58,3 \text{ Mg ha}^{-1}$  sėjomainose, tačiau palyginus su kitomis sėjomainomis skirtumai neesminiai. Nuolatiniam pūdyme organinės anglies sankaupų nustatyta 1,6 karto mažiau, nei sideracinėje sėjomainoje.

Rugienoje didžiausias organinės anglies ir azoto santykis buvo nustatytas (14,71:1) trilaukėje sėjomainoje, tačiau lyginant su kitomis sėjomainomis skirtumai neesminiai.



**43 paveikslas.** Ilgalaikės augalų kaitos poveikis dirvožemio agrocheminiams rodikliams rugių pasėliuose 51-aisiais tyrimo metais 0-20 cm armens sluoksnyje.

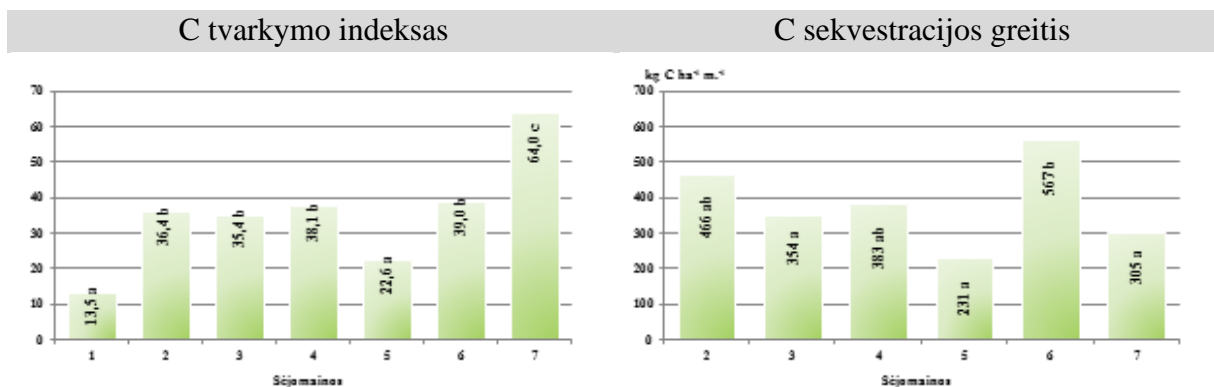
Čia: 1 – Nuolatinis juodasis pūdymas, 2 – Lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomaina 3 – Rugių monopasėlis, 4 – Sideracinė sėjomaina, 5 – Trilaukė sėjomaina, 6 – Intensyvi sėjomaina,  
 Pastaba: tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c, d), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

### 3.3.2. Anglies sekvestracijos potencialas skirtingose sėjomainose

Anglies sekvestravimo potencialą atspindi anglies sekvestracijos greičio (CSG) skirtumai palyginus su mėšlu netrešiamu nuolatiniu juoduoju pūdymu ir anglies tvarkymo indeksas (CTI). Mes nustatėme minėtus rodiklius skirtingose sėjomainose po 51 lauko eksperimento vykdymo metų.

Po miežių derliaus nuėmimo mažiausias C tvarkymo indeksas nustatytas nuolatiniame juodajame pūdyme ir sideracinėje sėjomainoje po bulvių, atitinkamai 13,5 ir 22,6. CTI buvo esmingai didesnis javų, lauko su kaupiamaisiais, Norfolko ir intensyvioje sėjomainose (atitinkamai po avižų, cukrinių runkelių, bulvių, kukurūzų). Palyginus su šiomis sėjomainomis pašarinėje sėjomainoje CTI buvo dar didesnis ir siekė 64,0. Tai galima paaiškinti tuo, kad pašarinėje sėjomainoje daugiametės žolės naudojamos net keturis metus ir sudaro 50 % pasėlių struktūroje, be to miežiai buvo su daugiamečių žolių įsėliu. Dėl šių priežasčių čia judriųjų huminių medžiagų randama dvigubai daugiau nei kitose sėjomainose ir tai nulėmė tokį aukštą pašarinės sėjomainos C tvarkymo indeksą. Tuo tarpu mėšlu netrešiamame nuolatiniame juodajame pūdyme judriųjų huminių medžiagų būta beveik 4 kartus mažiau palyginus su šia sėjomaina.

Miežioje anglies sekvestracijos greičio skirtumai taip pat ryškūs (44 pav.). Mažiausias CSG sideracinėje sėjomainoje – 231 kg C ha<sup>-1</sup> per metus. Tai aiškintina, kad C ir N santykis šioje sėjomainoje buvo taip pat mažiausias. Panašus C sekvestracijos greitis ir lauko su kaupiamaisiais bei pašarinėje sėjomainoje. Šis rodiklis esmingai didesnis nei minėtose sėjomainose tik intensyvioje sėjomainoje ir siekė 567 kg C ha<sup>-1</sup> per metus. Norfolko ir javų sėjomainose CSG siekė 383 ir 466 kg C ha<sup>-1</sup> per metus, palyginus su kitomis sėjomainomis skirtumai neesminiai.



### 44 paveikslas. Ilgalaikių sėjomainų poveikis anglies sekvestracijos potencialui armens sluoksnyje vasarinių miežių pasėliuose 51-aisiais tyrimų metais.

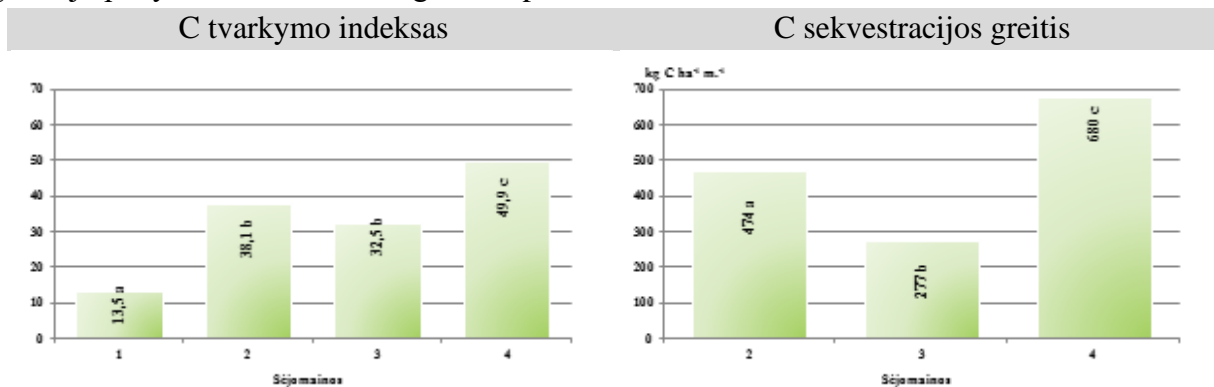
Čia: 1 – Nuolatinis juodasis pūdymas, 2 – Javų sėjomaina, 3 – Lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomaina, 4 – Norfolko sėjomaina, 5 – Sideracinė sėjomaina, 6 – Intensyvi sėjomaina, 7 – Pašarinė sėjomaina  
 Pastaba: tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

Kvietienoje taip pat nustatyti esminiai C tvarkymo indekso skirtumai (45 pav.). Didžiausias CTI (49,9) nustatytas Norfolko sėjomainoje, kurioje kviečių priešsėlis buvo daugiametės žolės, paliekančios daug azotu turtingų organinių liekanų. Lauko su kaupiamaisiais bei javų sėjomainose, palyginus su



nuolatinio pūdymo, C tvarkymo indeksas buvo taip pat esmingai didesnis ir siekė atitinkamai 32,5 ir 38,1. Šiose sėjomainose kviečių priešsėliais buvo atitinkamai mėšlu netręšiamas juodasis pūdymas ir vikių – avižų mišinys žaliajam pašarui.

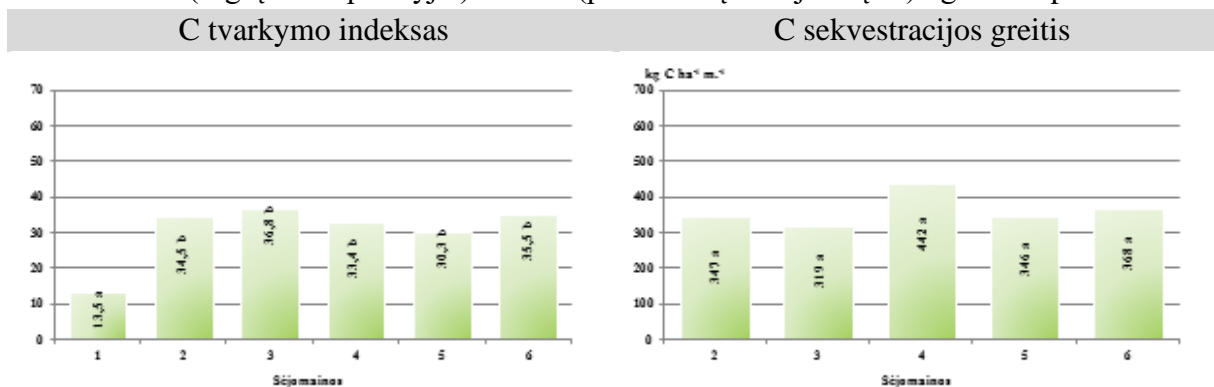
C sekvestracijos greitis didžiausias Norfolko sėjomainos kvietienoje po I naudojimo metų daugiamečių žolių, siekė net 680 kg C ha<sup>-1</sup> per metus. Šis rodiklis esmingai mažesnis buvo javų sėjomainoje ir siekė 474. Čia priešsėlis buvo vikių – avižų mišinys. Taigi, I naudojimo metų daugiametės žolės, kol dirvožemyje gausu nesuirusių prieš tai augusių javų šiaudų, C sekvestracijos greičio atžvilgiu yra efektyviausias priešsėlis. Esmingai mažiausias C sekvestracijos greitis kvietienoje po juodojo pūdymo, siekė tik 277 kg C ha<sup>-1</sup> per metus.



**45 paveikslas.** Ilgalaikių sėjomainų poveikis anglies sekvestracijos potencialui armens sluoksnyje kviečių pasėliuose 51-aisiais tyrimų metais.

Čia: 1 – Nuolatinis juodasis pūdymas, 2 – Javų sėjomaina, 3 – Lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomaina, 4 – Norfolko sėjomaina  
Pastaba: tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b, c), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

Po rugių derliaus nuėmimo mažiausias C tvarkymo indeksas nustatytas mėšlu netręšiamame nuolatiname pūdyme (46 pav.). Palyginus su šiuo variantu, visų tirtų sėjomainų poveikis buvo esmingai didesnis. Tačiau tarp pačių sėjomainų esminių skirtumų nenustatyta, CTI svyravo nuo 30,3 iki 36,8. Rugienoje tarp sėjomainų nenustatyta ir C sekvestracijos greičio esminių skirtumų. Šis rodiklis čia svyravo nuo 319 (rugių monopasėlyje) iki 442 (po sideratų žaliajai trąšai) kg C ha<sup>-1</sup> per metus.



**46 paveikslas.** Ilgalaikių sėjomainų poveikis anglies sekvestracijos potencialui armens sluoksnyje rugių pasėliuose 51-aisiais tyrimų metais.

Čia: 1 – Nuolatinis juodasis pūdymas, 2 – Lauko su kaupiamaisiais augalais sėjomaina, 3 – Rugių monopasėlis, 4 – Sideracinė sėjomaina, 5 – Trilaukė sėjomaina, 6 – Intensyvi sėjomaina.

Pastaba: tarp variantų vidurkių, pažymėtų ne ta pačia raide (a, b), skirtumai yra esminiai ( $P < 0,05$ ).

## REZULTATŲ APIBENDRINIMAI

1. Derlingų rudžemių (*Cambisols*) tyrimai atskleidė, kad viršutiniame 20 cm storio mineraliniame sluoksnyje žemės ūkio augalų pasėliuose C-org koncentracija gali siekti tik 1%, o natūralaus miško rudžemiuose – 2,4-4,6%. Palyginus su pasėliais, dėl miško paklotės skaidymosi miške rudžemiuose buvo daugiau labilios C-org bei nustatyta didesnė dalis fulvo rūgščių humuso frakcinėje sudėtyje. Tačiau miško rudžemiuose intensyviau vyksta humifikacija ir C-org kaupimas lėtai besiskaidančiame humuse: humuse buvo daugiau huminių rūgščių, daugiau C-org kaupė dirvožemio mikrobiota.
2. Žemės augalų pasėliuose C-org nuolat su augalais pašalinama iš sistemos, o miško ekosistemose C-org daugiausiai išnešama IVA grupės ūkiniuose miškuose periodiškai plynai iškertant brandžius medynus: kas 40-60 m. - daugelio lapuočių medynus, kas 100 m. – pušynus arba net kas 120 m. - ažuolynus. Dėl to iki plynųjų kirtimų miško dirvožemiuose C-org nuolat kaupiasi su medynų (daugiausia, su spyglių ar lapų) nuokritomis. Todėl, pavyzdžiui, smėlžemiuose augančiuose pušynuose per 100 m. apyvartą miško nuokritos kompensuoja C-org išnašą plynaisiais kirtimais su mediena ir net kirtimo atliekomis miško kurui.
3. Lietuvos teritorija yra miškų zonoje, todėl skirtingos genezės dirvožemių C-org sekvestracijos potencialo žemės ūkio naudmenose vertinime atskirose geomorfologinėse agroekosistemose kontrolinius dirvožemius tikslinga parinkti šalia augančiuose miškuose. Tam gali būti panaudoti Europos Sąjungos oro taršos poveikio miškams monitoringo ir vertinimo programos „ICP-Forests“ rėmuose Lietuvos miškuose vykdytų miško dirvožemių būklės detalių tyrimų duomenys. Tokie tyrimai paskutinį kartą vykdyti 2006 m. Europinio tinklo (16x16 km) 62-juose bareliuose, o 2020 m. bus pakartoti. Kadangi miškuose dirvožemio C-org nustatyta per visą 1,5-2 m gylio profilį, anglies sekvestracijos įvertinimui tikslinga nustatyti dirvožemių C-org koncentracijas ne tik armenyje, bet ir poarmenio gilesniuose horizontuose.
4. Dirvožemių grupių skirstinys (9x9 km NMI barelių tinkle) skirtingoje žemėnaudoje atskleidė, kad Lietuvos miškuose vyrauja nederlingi smėlžemiai, o pasėliuose ir daugiamečiuose žolynuose – derlingi išplautžemiai ir balkšvažemiai bei rudžemiai. Tačiau, atitinkamai, apie 10 ir 24% pasėlių ir daugiamečių žolynų rasta nederlinguose smėlžemiuose, kuriuose tikslinga ar būtų galima veisti produktyvius miško želdinius. Visu pirma pasėlių reikėtų atsisakyti pačiuose nederlingiausiuose pajaurėjusiuose ir paprastuose smėlžemiuose, kuriuose C-org koncentracija armenyje neviršija 10 g kg<sup>-1</sup> arba 10%.
5. Palyginus su miško paklote, daugiamečiuose žolynuose metinių nuokritų masė (dirvožemio OL horizontas) ir C-org sankaupos šiose nuokritose yra ženkliai menkesnės. Tačiau vertinant anglies sekvestracijos potencialą žemės ūkyje tikslinga nustatyti C-org sankaupas ir daugiamečių žolynų, ypač miglinių, metinėse nuokritose.
6. Lietuvos skirtingų mineralinių dirvožemių viršutiniame 0-30 cm sluoksnyje skeleto (>2 mm) santykinė dalis neviršija 5%. Todėl C-org sankaupų preliminariam įvertinimui skirtingoje žemėnaudoje (miško žemė, pasėliai, daugiamečiai žolynai) skeleto atskyrimo nuo smulkožemio (<2 mm) galima atsisakyti.
7. Skirtingoje žemėnaudoje (dirbamos žemės pasėliai, dirvonuojančios žemės žolynai, miško žemė) balandžio – lapkričio mėnesiais smėlžemių heterotrofinis kvėpavimas arba CO<sub>2</sub> emisijos vidutiniškai buvo mažiausios buvo dirbamoje žemėje, medynuose, beržyne ir pušyne, buvo, atitinkami, 35 ir 50%, o dirvonuojančios žemės žolyne – 64% didesnės. Mažiausi skirtumai nustatyti

- vegetacijos pradžioje, o didžiausi – rugsėjo ir lapkričio mėnesiais. Koreliacinė analizė atskleidė, kad dirvožemio kvėpavimo intensyvumas didėjo, kai didėjo dirvožemio temperatūra (ypač dirbamoje ir dirvonuojančioje žemėje rugpjūčio mėnesį) ir daugeliu atveju mažėjo sulig dirvožemio drėgnio didėjimu.
8. Tyrimai atskleidė, kad CO<sub>2</sub> emisijų pokyčiai skirtingoje žemėnaudoje (dirbamos žemės pasėliuose, daugiamečiuose žolynuose, miško žemėje) gali būti vertinami ne tik nusausintuose durpžemiuose (Histosols), bet ir smėlžemiuose (Arenosols). Tam papildomoje studijoje modeliuojant turimų duomenis tikslinga nustatyti skirtingai žemėnaudai smėlžemių CO<sub>2</sub> emisijų nacionalines vertes.
  9. Skirtingoje žemėnaudoje rudžemių (taip pat kaip ir smėlžemių) CO<sub>2</sub> emisijos vasarą ir rudenį buvo mažiausios dirbamoje žemėje ir 54-60% didesnės miško žemėje. Palyginus su nederlingais smėlžemiais, derlinguose rudžemiuose CO<sub>2</sub> emisijos buvo vidutiniškai nuo 21 iki 67% menkesnės. Tam įtakos galėjo turėti tai, kad priešingai negu smėlžemiuose rudžemių heterotrofinis kvėpavimas labiau priklausė ne nuo dirvožemio temperatūros, o nuo dirvožemio drėgnio.
  10. Žemės dirbimo-trėšimo-šiaudų tvarkymo sistemų įtaka C-org sankaupoms negali būti vertinama vienareikšmiškai. Šių sistemų įtaką labai reikšmingai koreguoja meteorologinės sąlygos:
    - ✓ Šiaudų įterpimas T sistemoje (tradicinis žemės dirbimas) iš esmės nepakeitė C-org sankaupų, o S sistemoje (seklaus neariminio žemės dirbimo) jos sumažėjo 11-15%, palyginus su fonu be šiaudų. Seklaus neariminio žemės dirbimo (S sistema) taikymas iš lauko pašalinant šiaudus lėmė 12-16% didesnę C-org kiekį nei T sistemoje. Tačiau šiaudus įterpiant C-org kiekis T ir S sistemose buvo panašus. Trėšimas fone be liekanų lėmė 9% didesnę C-org kiekį nei netrėšiant, o S sistemoje beveik nepakito. Trėšiant mineralinėmis trąšomis fone su liekanomis C-org kiekis S sistemoje padidėjo 8%, o T sistemoje vos 4%.
    - ✓ Sausringomis meteorologinėmis sąlygomis nei supaprastintas žemės dirbimas (S), nei šiaudų įterpimas esminės įtakos drėgmės taupymui neturėjo. Drėgmės pertekliaus metais didžiausia dirvožemio 0-10 cm sluoksnio drėgmė buvo taikant S žemės dirbimo sistemą ir šiaudus paliekant lauke.
    - ✓ Šlapiais metais (2017 m.) šiaudų tvarkymo būdas neturėjo esminės įtakos CO<sub>2</sub> emisijai. Supaprastinto neariminio žemės dirbimo (S) taikymas vidutiniškai lėmė esmingai didesnę (26%) CO<sub>2</sub> emisiją nei T sistemoje. Ypatingai sausais metais (2019 m.) šiaudų įterpimas padidino emisiją 9%.
    - ✓ šiaudai smėlingame lengvame priemolyje veikė kaip poras kemšanti priemonė, sumažindama ir bendrąjį poringumą, ir augalų pasiekiamo vandens kiekį
  11. Ilgalaikiuose eksperimentuose nenustatėme tiesioginės priklausomybės tarp C-org ir CO<sub>2</sub> emisijos. Sąveika tarp šių rodiklių pasireiškia ne tiesiogiai, bet per sudėtingą daugelio veiksnių (dirvožemio agrocheminių, fizikinių, hidrofizikinių savybių) sąveiką. Dominuojantis veiksnys C-org sankaupų pokyčiams yra N-sum.
  12. Raudonųjų dobilų įtraukimas į ekologinę sėjomainą lėmė 9% didesnę dirvožemio C-org kiekį nei sėjomainoje, kurioje 40% sudarė varpiniai javai ir 60% ankštiniai augalai (žirniai, lubinai) bei 15,4-16,3% didesnę C-org kiekį nei sėjomainose be ankštinių augalų.
  13. Sėjomainos, prisotintos raudonaisiais dobilais, gebėdamos optimizuoti dirvožemio drėgmę, bei dobilų biologinės savybės lėmė iš esmės didesnę dirvožemio CO<sub>2</sub> apykaitos intensyvumą nei

- sėjomaina, kurioje 40% sudarė varpiniai javai ir 60% ankštiniai augalai (žirniai, lubinai) bei sėjomainos be ankštinių augalų.
14. Durpžemio 0–20 cm sluoksnyje, nepriklausomai nuo buvusio jo naudojimo pobūdžio, reikšmingų pH skirtumų nepastebėta. Judriojo kalio koncentracijų pokyčiai tarp variantų siejasi su pH pokyčiais. Daugiausiai judriojo kalio užfiksuota buvusioje tręšiamoje pievoje, o santykinis žymus jo sumažėjimas pastebėtas netręštoje daugiamečių žolynų pievoje. Suminės organinės anglies kiekio svyravimai nenukastame žemapelkės durpžemyje siejasi su durpžemio naudojimu ir durpės mineralizacijos intensyvumu. Todėl mažiausiai suminės organinės anglies yra susikaupę nenaudojamoje žemapelkėje, kurioje vyksta intensyviausia mineralizacija, o daugiausia – tręštoje miglinių žolių pievoje. Agroekologiniu požiūriu C:N santykiai palankiausi durpžemį nusauginus naudoti žemės ūkio reikmėms. Stipriausia humifikacija, didžiausi C:N santykiai nustatyti tręštoje daugiamečių žolynų pievoje ir r. dobilų pievoje, negu kitose žemėnaudose.
  15. Didžiausią organinės anglies sekvestracijos potencialą turi a) vaismaininės Norfolko tipo sėjomainos, kur kasmet dirvožemio derlingumą mažinantys augalai yra pakeičiami dirvožemio derlingumą didinančiais, b) intensyvios tarpiniais pasėliais prisotintos sėjomainos. Anglies sekvestracijos atžvilgiu efektyviausia daugiametės žolės laikyti vienerius metus, kol dirvožemyje dar gausu nesuirusių prieš tai augusių javų šiaudų.
  16. Pašarinės ir lauko sėjomainos, kuriuose gausu daugiamečių žolių, o javai užima ne daugiau kaip pusę pasėlių struktūros, prie anglies sekvestracijos prisideda mažiau (CSG mažas), tačiau jų nauda didesnė trumpuoju laikotarpiu kaip augalų maisto medžiagų šaltinio (didelis CTI).
  17. Anglies sekvestracijos potencialo atžvilgiu nepraktikuotinos javų ir trilaukė sėjomainos, kuriuose javai atsėliuojami po javų juos tarpusavyje kaitaliojant bei mažai arba visai nėra anglies ir azoto santykį dirvožemyje gerinančių augalų.
  18. Nepasiteisina rugių monopasėlis ir sideracinė sėjomaina, kur visas metų augalų derlius užiriamas žaliajai trąšai ir prarandamos pajamos už produkciją.
  19. Mėšlu netręšiamas juodasis pūdymas, palyginus su sėjomainomis, mažina organinės anglies kiekį dirvožemyje iki 2 kartų, anglies tvarkymo indeksą 2-5 kartus ir kelia didžiausią pavojų anglies sekvestracijos potencialui žemės ūkyje.

## PAGRINDINĖS IŠVADOS

1. Skirtingos genezės dirvožemių C-org sekvestracijos potencialo žemės ūkio naudmenose vertinimui atskirose geomorfologinėse agroekosistemose kontrolinius dirvožemius tikslinga parinkti šalia augančiuose miškuose. Žemės ūkyje tikslinga nustatyti C-org sankaupas ir daugiamečių žolynų, ypač miglinių, metinėse nuokritose.
2. Žemės augalų pasėliuose C-org nuolat su augalais pašalinama iš sistemos, o miško ekosistemose C-org daugiausiai išnešama miškuose periodiškai plynai iškertant brandžius medynus. Pasėlių reikėtų atsakyti pačiuose nederlingiausių pajaurėjusių ir paprastuose smėlžemiuose, kuriuose C-org koncentracija armenyje neviršija 10 g kg<sup>-1</sup> arba 10%.
3. Rudžemyje miške intensyviau vyksta humifikacija ir C-org kaupimas. Palyginus su pasėliais, miško dirvožemyje buvo daugiau labilios C-org bei didesnė dalis fulvo rūgščių humuso frakcinėje sudėtyje. Organiniuose dirvožemiuose anglies išsaugojimui, stabilizavimui, jos pervedimui į patvarias formas, teigiamą itaką daro auginamos, tręšiamos miglinės žolės.

4. Skirtingoje žemėnaudoje rudžemių (taip pat kaip ir smėlžemių) CO<sub>2</sub> emisijos vasarą ir rudenį buvo mažiausios dirbamoje žemėje ir 54-60% didesnės miško žemėje.
5. Žemės dirbimo-trėšimo-šiaudų tvarkymo sistemų įtaka C-org sancaupoms turi būti vertinama atsižvelgiant į dirvožemio prigimtinės savybes (granulimetrinę sudėtį, gebą išlaikyti tinkamą vandens režimą ir mitybos elementų balansą, potencialą švelninti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas). Tradicinio žemės dirbimo atsisakymas visose agrozonose, visuose dirvožemiuose ir visada – nėra garantas dirvožemio kokybės užtikrinimui ir ŠESD emisijų švelninimui. Neariminis žemės dirbimas ir/ar tiesioginės sėjos taikymas C-org sancaupų padidėjimą lemia tik viršutiniame 0-10 cm dirvožemio sluoksnyje.
6. Vidurio Lietuvos smėlingo lengvo priemolio rudžemiuose nenustatyta tiesioginės priklausomybės tarp C-org ir CO<sub>2</sub> emisijos. Sąveika tarp šių rodiklių pasireiškia ne tiesiogiai, bet per sudėtingą daugelio veiksnių (dirvožemio agrocheminių, fizikinių, hidrofizikinių savybių) sąveiką.
7. Tinkama sėjomaina šiuolaikiniame žemės ūkyje išlieka viena pagrindinių dirvožemio organinių anglies balanso palaikymo ir tvaraus intensyvinimo priemonių. Sėjomainos su raudonaisiais dobilais, gebėdamos optimizuoti dirvožemio drėgmę ir C-org sancaupų augimą lėmė iš esmės didesnį dirvožemio CO<sub>2</sub> apykaitos intensyvumą nei sėjomainos be pupinių augalų.
8. Mėšlu netrėšiamas juodasis pūdymas organinės anglies kiekį dirvožemyje mažina iki 2 kartų. Sideracinių sėjomainų, kur visas metų augalų derlius užariamas žaliajai trąšai ir prarandamos pajamos už produkciją, efektyvumas taip pat mažas. Vietoje jų geriau taikyti intensyvias tarpiniais pasėliais prisotintas sėjomainas.

## PROJEKTO TIKSLO IR UŽDAVINIŲ ĮVYKDYMAS

**MTTV projekto tikslas** - įvertinti anglies sekvestracijos potencialą augalininkystės sektoriuje.

Anglies sekvestracijos potencialas augalininkystės sektoriuje priklauso nuo dirvožemių genezės, naudojamų technologijų intensyvumo įtakos fizikiniams ir cheminiams pokyčiams bei meteorologinių sąlygų.

Intensyvinant ūkinę veiklą neigiami fizikiniai pokyčiai stiprėja kintant dirvožemių genezei tokia seka: išplautžemiai (Vidurio Lietuva, Dotnuva, vidutinio sunkumo ir smėlingas lengvas priemolis) → šlynžemiai (Vidurio Lietuva, Kaunas, vidutinio sunkumo priemolis) → rudžemiai (Šiaurės Lietuva, sunkus priemolis) → baltšvažemiai (Vakarų Lietuva, vidutinio sunkumo priemolis).

Intensyvinant ūkinę veiklą neigiami agrocheminiai, tame tarpe ir C-org pokyčiai stiprėja tokia linkme: rudžemiai (Šiaurės Lietuva) → išplautžemiai (Vidurio Lietuva, Dotnuva) → šlynžemiai (Vidurio Lietuva, Kaunas) → baltšvažemiai (Vakarų Lietuva).

### **MTTV projekto uždaviniai:**

Ištirti organinės anglies emisijas skirtingose augalininkystės sistemose (javų, žolynų), kitose (miškai, mišrios sėjomainos) taikant skirtingas agrotechnologijas bei identifikuoti anglies sekvestraciją stiprinančius ar slopinančius veiksnius ne tik armenyje, bet ir poarmenio gilesniuose horizontuose;

#### 1) Anglies sekvestraciją stiprinantys veiksniai

- Tinkama sėjomaina su daugiametėmis žolėmis išlieka viena pagrindinių dirvožemio organinių anglies palaikymo priemonių;

- Organinių trąšų naudojimas (kraikinis mėšlas, kompostai, žaliosios trąšos, biodujų gamybos atliekos, šiaudai) didina C-org sandaugas;
- Žemės dirbimo technologijos kaitymas (ariminis dirbimas, neariminis dirbimas) su tikslu išvengti dirvožemio kokybės prastėjimo sukultūrinto dirvožemio apatiniame armens sluoksnyje. Vien neariminio žemės dirbimo ir/ar tiesioginės sėjos taikymas C-org sandaugų padidėjimą įtakoja tik viršutiniame 0-10 cm dirvožemio sluoksnyje, lemdamas jų santykinę mažėjimą gilesniuose armens ir poarmino sluoksniuose.

2) Anglies sekvestraciją slopinantys veiksniai:

- Ilgalaikis sėjomainų be daugiamečių žolių taikymas;
- Ilgalaikis ariminis žemės dirbimas, neatsižvelgiant į dirvožemio genetinį tipą ir granulimetrinę sudėtį;
- Ilgalaikė tiesioginė sėja, lemdama kai kurių dirvožemio savybių pagerėjimą, tame tarpe ir C-org kiekio pagausėjimą viršutiniame dirvos sluoksnyje, kur kas labiau pasižymi silpnu gebėjimu atstatyti tų savybių multifunkcionalumą, ypač keičiantis drėgmės-sausros sąlygoms;
- Ilgalaikis augalinių liekanų pašalinimas iš lauko;
- Juodojo pūdymo laikymas.

Įvertinti anglies kiekio dirvožemyje įtaką augalų derlingumui ir dirvožemio vandentalpai, mineralinių trąšų absorbcijai, gyvybingumui bei šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijoms;

1) Anglies kiekio dirvožemyje įtaka dirvožemio vandentalpai

Vidurio Lietuvos rudžemiuose nustatyta, kad kuo didesnis C-org kiekis, tuo didesnė dirvožemio prisotinimo vandeniu geba ir tuo didesnis augalų pasiekiamo vandens kiekis. Drėgmės taupymo efektas taikant neariminį žemės dirbimą pasireiškia pavasarį ir trunka apie 2 savaites po sėjos. Tačiau sausringomis meteorologinėmis sąlygomis nei neariminis žemės dirbimas (net lemdamas didesnę C-org kiekį), nei šiaudų įterpimas esminės ilgalaikės įtakos drėgmės taupymui dirvos paviršiuje neturėjo. Drėgmės pertekliaus metais didžiausia dirvožemio 0-10 cm sluoksnio drėgmė buvo taikant neariminio žemės dirbimo sistemą ir šiaudus paliekant lauke.

2) Anglies kiekio dirvožemyje įtaka mineralinių trąšų absorbcijai

Drėgmės pertekliaus sąlygomis, praktiškai per visą augalų augimo sezoną didžiausia dirvožemio 0-10 cm sluoksnio drėgmė ir didžiausias porų elektrinis laidumas buvo taikant neariminį seklų žemės dirbimą (jis lemia didesnes C-org sandaugas) ir šiaudus paliekant lauke. Užsitęsusiomis sausringomis sąlygomis, dirvoje, kurioje buvo taikytas neariminis žemės dirbimas, nepriklausomai nuo šiaudų tvarkymo būdo, 0-10 cm sluoksnio drėgmė tapo esmingai mažesnė nei žemę dirbant tradiciškai. Dėl perdžiūvusio dirvos viršutinio sluoksnio ir dėl drėgmės trūkumo elektrinis porų laidumas buvo silpnas, tad dėl nepasisavinamų maisto elementų augalai augo sunkiai ir vystėsi lėtai.

Dominuojantis veiksnys C-org sancaupų didėjimui buvo dirvožemio N-sum teigiami pokyčiai. Ilgalaikis tręšimas mineralinėmis NPK trąšomis šį rodiklį esmingai didino, nepriklausomai nuo taikyto žemės dirbimo ir šiaudų panaudojimo būdo.

- 3) Anglies kiekio dirvožemyje įtaka šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) emisijoms  
Ilgalaikiuose eksperimentuose nenustatyta tiesioginės priklausomybės tarp C-org ir CO<sub>2</sub> emisijos. Sąveika tarp šių rodiklių pasireiškė ne tiesiogiai, bet per sudėtingą daugelio veiksnių (dirvožemio agrocheminių, fizikinių, hidrofizikinių savybių) sąveiką.
- 4) Anglies kiekio dirvožemyje įtaka augalų derlingumui  
Tiesioginis ryšys tarp dirvožemio C-org ir žemės ūkio augalų derlingumo buvo silpnas. Drėgmės pertekliumi pasižymėjusiais 2017 metais pupų derlingumas neariminėje žemės dirbimo sistemoje (joje didesnės C-org sancaupos) buvo vidutiniškai 15% mažesnis, sausais 2018 m. vasarinių kviečių derlingumas 6% didesnis, labai sausais 2019 metais vasarinių kvietrugių derlingumas 13-23% mažesnis nei žemę dirbant tradiciškai.

Įvertinti anglies kitimo dėsningumus, procesus, susidarant humifikuotiems junginiams ir vykstant fizikocheminėms sąveikoms dirvožemyje;

- Vidutinio sunkumo ir smėlingo lengvo priemolio rudžemyje, 0-10 cm sluoksnyje daugiausiai labilios anglies nustatyta, taikant tradicinį ariminį žemės dirbimą;
- Anglies transformavimą į stabilias formas rodo didelis huminių ir fulvinių rūgščių santykis. Didžiausia transformacija į stabilias formas, pagal JHR/FR santykį, vyksta miglinių žolių pievoje, čia nustatytas didžiausias humifikacijos laipsnis. Mažiausiai judriųjų humuso medžiagų ir huminių rūgščių nustatyta nenaudotame durpžemyje. Jame mažiausias JHR/FR santykis, bei humifikacija.

Parengti priemonių, skatinančių anglies junginių sekvestravimą dirvožemyje ir švelninančių emisijas iš jo, sąrašą ir pateikti rekomendacijas ūkininkams

### **REKOMENDUOJAMOS PRIEMONĖS**

1. Anglies sekvestracijos potencialo žemės ūkyje didinimui rekomenduotina remtis “Gerosios žemės ūkio praktikos kodeksu, kurio taikymas mažintų neigiamą žemės ūkio poveikį dirvožemiui, vandens telkinių būklei, aplinkos orui ir klimatui”  
([https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT\\_versija/Veiklos\\_sritys/Bendroji\\_zemes\\_ukio\\_politika/GZUP%20Kodeksas%20taisyta%20po%20AplinkosM-%20birzelis.pdf](https://zum.lrv.lt/uploads/zum/documents/files/LT_versija/Veiklos_sritys/Bendroji_zemes_ukio_politika/GZUP%20Kodeksas%20taisyta%20po%20AplinkosM-%20birzelis.pdf))
2. Reikalingas valstybiniu lygiu finansuojamo monitoringo tinklo sukūrimas išsamiam organinės C pokyčių ir su jais susijusių rodiklių stebėjimui.
3. Lietuvos dirvožemio saugos įstatymo priėmimas.
4. Rekomenduotinas nederlingų smėlžemių (ir kitų nederlingų žemės ūkio naudmenų), neduodančių ekonominės naudos, paskirties pakeitimas – dirbamas naudmenas tikslinga keisti į savaime atželiančią mišką. Savaiminiai žėliniai turi būti įteisinami įstatymine baze.
5. Tikslinga parinkti pavyzdinius reprezentacinius gamybos subjektus ir mokslo institucijų ilgamečius lauko eksperimentus dirvožemio tvaraus naudojimo konsultacinei švietėjiškai veiklai vykdyti.

6. Remiantis „Kodeksu“, tikslingas ekonominių ir švietėjiškų priemonių reglamentavimas, įgyvendinant sėjomainas su daugiametėmis žolėmis.

#### **REKOMENDACIJOS NAUDOTOJAMS:**

1. Ilgaamžių žolynų puoselėjimas gali padidinti dirvožemio organinės C kiekį daugiau kaip 2 kartus, palyginus su dirbama žeme.
2. Būtinai organikos papildymas į dirvožemį (mėšlas, naujų rūšių organinės atliekos-digestatai, kompostai, augalų biomasė). Augalų liekanos (šiaudai) vidutinio sunkumo priemolio armenyje veikia kaip dirvą purenanti priemonė, o smėlingame lengvame priemolyje – kaip poras kemšanti priemonė. Augalų liekanos savaime nesiskaido. Šiaudai, įterpti žemės dirbimo metu be azoto trąšų į dirvos viršutinį sluoksnį, skaidosi intensyviau negu paskleisti ant dirvos paviršiaus su azoto trąšomis. Šiaudus galima būtų naudoti ir kitiems tikslams – pavyzdžiui bioenergijai išgauti. Tačiau reikalinga sąlyga – tokios gamybos atliekas būtina grąžinti dirvožemiui.
3. Vidurio Lietuvos sutankėjusiuose išplautžemiuose rekomenduotina kas 3–4 metus tiesioginę sėją pakeisti gilesniu verstuviniu arba beverstuviu žemės dirbimu, su tikslu išlaikyti gerą dirvožemio agrofizinę būklę, tinkamą augalams augti. Vidutinio sunkumo priemolyje rekomenduojama taikyti supaprastintą (neariminį) dirbimą - skutimą 10-12 cm gyliu + priešsėjinį dirbimą. Mažiau organinės medžiagos turinčiame smėlingame lengvame priemolyje, pasižyminčiame nepageidaujama savybe – greitai suslūgti ir sukietėti, tinkamiausias yra tradicinis žemės dirbimas – skutimas 10-12 cm gyliu + arimas 20-22 cm gyliu + priešsėjinis dirbimas. Rekomenduojama tręšti vidutinėmis mineralinių NPK trąšų normomis, atsižvelgiant į maisto medžiagų kiekį dirvožemyje, jo granulimetrinę sudėtį bei planuojamą derlių.
4. Vyraujant sunkiems priemoliams ir molių dirvožemiams, vasarinių augalų, ypač turinčių silpną šaknų sistemą ir jautrių didesniai dirvožemio sutankėjimui (vasariniai migliniai javai), auginimo technologijose rekomenduojama vengti tiesioginės sėjos naudojimo. Silpną stelbiamąją gebą turinčių augalų (pupiniai augalai) auginimo technologijose sunkaus priemolio dirvožemyje reikėtų vengti tiesioginės sėjos ir supaprastinto žemės dirbimo taikymo. Žieminiams javams rekomenduojama taikyti beariminį dirbimą.
5. Tinkama sėjomaina šiuolaikiniame žemės ūkyje yra viena pagrindinių anglies sekvestravimo priemonių dirvožemyje. Ilgalaike tinkama augalų kaita kartu su reguliariu šiaudų, tarpinių pasėlių ar mėšlo panaudojimu trąšai bei daugiamečių žolių įtraukimas į sėjomainas yra efektyvios priemonės, leidžiančios kaupti organinę anglį dirvožemyje. Pupinių įtraukimas į sėjomainą gali lemti iki 15% didesnę organinės C kiekį armenyje. Siekiant padidinti anglies sekvestracijos potencialą žemės ūkyje naudotojams būtina maksimaliai taikyti priemonių kompleksą:
  - a. Atsisakyti mėšlu netręšiamo juodojo pūdymo laikymo;
  - b. Taikyti plačią augalų kaitą ir nepraktikuoti javų atsėliavimo po javų, juos tarpusavyje tik kaitaliojant;
  - c. Į sėjomainas įtraukti daugiau augalų, gerinančių anglies ir azoto santykį dirvožemyje (tarpiniai pasėliai) ir paliekančių dirvožemyje kuo daugiau augalinių liekanų;
  - d. Auginti posėlinius tarpinius pasėlius po visų pagrindinių augalų, kurių derlius nuimamas iki rugpjūčio 10 dienos ir laukų nepalikti per žiemą be dengiamųjų augalų.



1. Amundson, R., and L. Biardeau. 2018. Opinion: Soil carbon sequestration is an elusive climate mitigation tool. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 115:11652-11656.
2. Anderson-Teixeira, K., Davis, S., Masters, M., Delucia, E. 2009. Changes in soil organic carbon under biofuel crops. *GCB Bioenergy* 1, 75–96.
3. Armolaitis K., Aleinikovienė J., Baniūnienė A., Lubyte J., Žėkaitė V. 2007. Carbon sequestration and nitrogen status in Arenosols following afforestation or following abandonment of arable land. *Baltic Forestry* 13 (2): 169-178.
4. Armolaitis K., Aleinikovienė J., Lubyte J., Žėkaitė V., Garbaravičius P., 2013. Stability of soil organic carbon in agro and forest ecosystems on *Arenosols*. *Zemdirbyste-Agriculture* 3 (100): 227-234.
5. Armolaitis K., Varnagirytė-Kabašinskienė I., Stakėnas V., Žemaitis P., Araminienė V., Muraškienė M., 2017. Organinės anglies sandaigų skirtingų žemėnaudų dirvožemiuose tyrimai. *Agrariniai ir miškininkystės mokslai: naujausi tyrimų rezultatai ir inovatyvūs sprendimai*, Nr. 7: 132-134.
6. Arrouays, D., Deslais, W., Badeau, V., 2001. The carbon content of topsoil and its geographical distribution in France. *Soil Use and Management* 17: 7–11. doi:10.1111/j.1475-2743.2001.tb00002.x.
7. Bárcena T. G., Kiær L. P., Vesterdal L., Stéfansdóttir H. M., Gundersen P., Sugurdsson B. D., 2014. Soil carbon stock change following afforestation in Northern Europe: a meta-analysis. *Global Change Biology* 20: 2393-2405.
8. Bardgett R., Van der Putten W. 2014. Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 515:505-511
9. Batjes, N. H., 2002. Carbon and nitrogen stocks in the soils of Central and Eastern Europe. *Soil Use and Management* 18: 324–329. doi:10.1111/j.1475-2743.2002.tb00248.x.
10. Berti A., Morari F., Ferro N. D., Simonetti G., Polese R. 2016. Organic input quality is more important than its quantity: C turnover coefficients in different cropping systems *Europ. J. Agronomy*, 77: 138–145
11. Blair GJ, Lefroy RD, Lisle L. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. *Aust J Agric Res.* 46:1459–1466.
12. Brito L. F., Azenha M. V., Januszkiewicz E. R., Cardoso A. S., Morgado E. S., Malheiros E. B., La Scala Jr. N., Reis R. A., Ruggieri A. C., 2015. Seasonal Fluctuation of Soil Carbon Dioxide Emission in Differently Managed Pastures. *Agronomy Journal*, 107 (3): 957-962
13. Carlson, K.M., Gerber, J.S., Mueller, N.D., Herrero, M., MacDonald, G.K., Brauman, K.A., Havlik, P., O’Connell, C.S., Johnson, J.A., Saatchi, S., West, P.C., 2017. Greenhouse gas emissions intensity of global croplands. *Nat. Clim. Change* 7, 63–68.
14. Chabbi, A., Lehmann, J., Ciais, P., Loescher, H.W., Cotrufo, M.F., Don, A., SanClements, M., Schipper, L., Six, J., Smith, P., Rumpel, C., 2017. Aligning agriculture and climate policy. *Nat. Clim. Change* 7, 307–309.
15. Chen S., Huang Y., Zou J., Shen Q., Hu Z., Qin Y., Chen H., Pan G. 2010. Modeling interannual variability of global soil respiration from climate and soil properties. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 590-605.
16. Conant, R.T., Paustian, K., Elliott, E. 2001. Grassland management and conversion into Grassland: effects on soil carbon. *Ecol. Appl.* 11, 343–355.
17. De Vos, B., Cools, N., Ilvesniemi, H., Vesterdal, L., Vanguelova, E., Camicelli, S., 2015. Benchmark values for forest soil carbon stocks in Europe: results from a large scale forest soil survey. *Geoderma* 251: 33-46.
18. Don, A., Schumacher, J., Freibauer, A., Biology, G.C., Heinrich, J. 2011. Impact of tropical land use change on soil organic carbon stocks - a meta-analysis. *Glob. Chang. Biol.* 17, 1658–1670.
19. EASAC. 2017. Multi-Functionality and Sustainability in the European Union’s Forests. Policy Report, 32, 40 p.
20. EASAC. 2018. Opportunities for Soil Sustainability in Europe. Policy Report, 36, 41 p.
21. FAO. 2017. Soil Organic Carbon: the hidden potential. 78 p.
22. Eglin, T., Ciais, P., Piao, S.L., Barre, P., Bellassen, V., Cadule, P., Chenu, C., Gasser, T., Koven, C., Reichstein, M., Smith, P. 2010. Historical and future perspectives of global soil carbon response to climate and land-use changes. *Tellus, Ser. B Chem. Phys. Met.* 62, 700–718.
23. Feiza V., Feizienė D., Liaudanskienė I., Šlepetienė A., Deveikytė I., Pranaitienė S., Gaurilčikaitė R., Amalevičiūtė-Volungė K., Veršulienė (Putramentaitė) A., Jokubauskaitė I., Bunevičiūtė L., Kochiieru M., Bogužas V., Marcinkevičienė A., Aleinikovienė J., Butkevičienė L., Sinkevičienė A., Vaisvalavičius R.,

- Steponavičienė V., Volungevičius J., Ambrazaitienė D., Karčauskienė D., Skuodienė R., Velykis A., Satkus A., 2019. Tvarus skirtingos genėzės dirvožemių naudojimas. Naujausios rekomendacijos žemės ir miškų ūkiui. Akademija, Kėdainių raj.: 4-8.
24. Feizienė D., Feiza V., Slepėtienė A., Liaudanskiene I., Kadziene G., Deveikytė I., Vaideliene A. 2011. Long-term influence of tillage and fertilization on net carbon dioxide exchange rate on two soils with different textures. *Journal of Environmental Quality*, 40 (6): 1787–1796.
  25. Feiziene D., Janauskaite Dalia, Feiza V., Putramentaite A., Sinkeviciene A., Suproniene S., Seibutis V., Kadziene G., Deveikyte I., Lazauskas S., Janauskaite Daiva, Povilaitis V. 2015. After-effect of long-term soil management on soil respiration and other qualitative parameters under prolonged dry soil conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39: 633–651
  26. Feiziene D., Feiza V., Karklins A., Versulienė A., Janauskaite D., Antanaitis S. 2018. After-effects of long-term tillage and residue management on topsoil state in Boreal conditions. *European Journal of Agronomy*, 94: 12–24.
  27. Fujisaki, K., Perrin, A.S., Desjardins, T., Bernoux, M., Balbino, L.C., Brossard, M., 2015. From forest to cropland and pasture systems: a critical review of soil organic carbon stocks changes in Amazonia. *Glob. Chang. Biol.* 21, 2773–2786.
  28. Garbaravičius P., Armolaitis K., Muraškienė M., Gudauskienė A., 2015. Išplautžemių organinės anglies ir azoto tvarumas skirtingoje žemėnaudoje. *Miškininkystė 2* (78): 19-30.
  29. Ghimire R, Shah S.C., Dahal K.R., Duxbury J.M., Lauren J.G. 2008. Soil organic carbon sequestration by tillage and crop residue management in rice-wheat cropping system of Nepal. *J. Inst. Agric. Anim. Sci.* 29:21-26.
  30. Goncharova O. Yu., Matyshak G. V., Udovenko M. M., Bobrik A. A., Semenyuk O. V., 2019. Seasonal and annual variations in soil respiration of the artificial landscapes. In V. Vasenev et al. (Eds.): *SUITMA 2017*, Springergeogr: 1-11. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-89602-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-89602-1_15)
  31. Grüneberg, E., Ziche, D., Wellbrock, N., 2014. Organic carbon stocks and sequestration rates of forest soils in Germany. *Global Change Biology* 20: 2644–2662.
  32. Guggenberger G., 2010. Soil organic carbon pools, fractions and stabilization mechanisms. In: Brunner I. (ed.), *Belowground Carbon Turnover in European forests – State of the Art: COST Action FP0803 Conference*. Birmensdorf, Switzerland: 31–33.
  33. Guo L., Gifford R., 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology* 8: 345–360.
  34. Hirte J., Leifeld S., Abiven S., Oberholzer H.-R., Mayer J. 2018. Below ground carbon inputs to soil via root biomass and rhizodeposition of field-grown maize and wheat at harvest are independent of net primary productivity. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 265: 556–566
  35. IPCC, 2000. Intergovernmental Panel on Climate Change. <<http://www.ipcc.ch/SPM13apr07.pdf>>
  36. IPCC, 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston H. S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., and Tanabe K. (eds). Published: IGES, Japan, <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>
  37. IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Summary for Policymakers*.
  38. ISO/DIS 14240-2. Soil Quality – Determination of soil microbial biomass – Part 2: Fumigation-extraction method.
  39. Jobbágy, E.G., Jackson, R.B., 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications* 10: 423–436.
  40. Kaätterer, T., Reichstein, M., Andre'n, O., Lomander, A., 1998. Temperature dependence of organic matter decomposition: a critical review using literature data analysed with different models. *Biology and Fertility of Soils* 27: 258–262.
  41. Kölli, R., Astover, A., Noormets, M., Tõnutare, T., Szajdak, L., 2009. Histosol as an ecologically active constituent of peatland: a case study from Estonia. *Plant and Soil* 315: 3-17.
  42. Kölli, R., Ellermae, O., Köster, T., Lemetti, I., Asi, E., Kauer, K., 2011. Stocks of organic carbon in Estonian soils. *Estonian Journal of Earth Sciences* :95-108.
  43. Kravchenko A.N., Guber A.K. 2017. Soil pores and their contributions to soil carbon processes. *Geoderma* 287, 31–39.

44. Kuliešis A., Beniušis R., Kvalkauskienė M., Gavorka V., 2009. Lietuvos miškų augalijos įvairovės apskaita ir dirvožemio monitoringas. Aplinkos ministerija / Valstybinė miškotvarkos tarnyba. Projekto „BioSoil“ 2006-2008 m. ataskaita, 261 p.
45. Lal, R. 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science* 304, 1623-1627.
46. Lal, R. 2009. Challenges and opportunities in soil organic matter research. *Eur. J. Soil Sci.* 60, 158-169
47. Lal, R. 2016. Beyond COP 21: Potential and challenges of the “4 per Thousand” initiative. *J. Soil Water Conserv.* 71, 20A-25A.
48. Lal R. 2019. Conceptual basis of managing soil carbon: Inspired by nature and driven by science. *Journal of Soil and Water Conservation.* 74(2): 29A-34A
49. Lloyd, J., Taylor, J.A., 1994. On the temperature dependence of soil respiration. *Functional Ecology* 8: 315–323.
50. Morrien E. ir kt. 2017. Soil networks become more connected and take up more carbon as nature restoration progress. *Nature Communications*, 8:143-49,
51. Muraškienė M., Aleinikovienė J., Armolaitis K., 2014. Dirvožemio mikrobiotos anglis ir azotas smėlžemiuose ir rudžemiuose skirtingoje žemėnaudoje. *Miškininkystė* 2 (76): 21-28.
52. Murty D., Kirschbaum M. U. F., McMurtrie R. E., McGilvray A., 2002. Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? A review of the literature. *Global Change Biology* 8: 105-123.
53. Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P., Smith, P., 2016. Climate smart soils. *Nature*, 532, 49–57.
54. Poeplau, C., Don, A., Vesterdal, L., Leifeld, J., Van Wesemael, B., Schumacher, J., Gensior, A., 2011. Temporal dynamics of soil organic carbon after land-use change in the temperate zone – carbon response functions as a model approach. *Global Change Biology* 17: 2415–2427. doi:10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x.
55. Poeplau C., Don A. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 200 (2015) 33–41
56. Post W. M., Kwon K. C., 2000. Soil carbon sequestration and land-use change: processes and potential. *Global Change Biology*, 6: 317-328.
57. Qin, Z., Dunn, J.B., Kwon, H., Mueller, S., Wander, M.M. 2016. Soil carbon sequestration and land use change associated with biofuel production: empirical evidence. *GCB Bioenergy* 8, 66–80.
58. Raich, J.W., Schlesinger, W.H., 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus* 44B: 81–99.
59. Richards, A.E.. 2007. Carbon Sequestration in Native Rainforest Tree Plantations. PhD Thesis. University of Queensland, Brisbane, Australia
60. Schlesinger, W.H., Palmer Winkler, J., Megonigal, J. P., 2000. Soils and the global carbon cycle. In: Wigley, T., Schimel, D. (Eds.), *The Carbon Cycle*. Ecological Studies, vol. 142. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 93–101. chap. 6.
61. Schulp, C. J. E., Nabuurs, G.-J., Verburg, P. H., de Waal, R. W., 2008. Effect of tree species on carbon stocks in forest floor and mineral soil and implications for soil carbon inventories. *Forest Ecology and Management* 256 (3): 482–490.
62. Schulz E., Deller B., Hoffmann G., 1991. *Methoden Buch I*. Verlag, Bonn. – 265 p.
63. Shelton, M., Dalzell, S. 2007. Production, economic and environmental benefits of leucaena pastures. *Trop. Grasslands* 41, 174–190.
64. Singh, J.S., Gupta, S.R., 1977. Plant decomposition and soil respiration in terrestrial ecosystems. *The Botanical Review* 43: 449–526.
65. Six, J., Callewaert, P., Lenders, S., Gryze, S. D., Morris, S. J., Gregorich, E. G., Paul, E. A., Paustian, K., 2002. Measuring and understanding carbon storage in afforested soils by physical fractionation. *Soil Science Society America Journal* 66: 1981–1987.
66. Smith P. Critical review of the impacts of grazing intensity on soil organic carbon storage and other soil quality indicators in extensively managed grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 253 (2018) 62–81

67. Smith P., Andrén O., Karlsson T., Perälä P., Regina K., Rounsevell, Van Wesemael B., 2005. Carbon sequestration potential in European croplands has been overestimated. *Global Change Biology* 11: 2153-2163.
68. Smith, P., Haberl, H., Popp, A., Erb, K., Lauk, C., Harper, R., Tubiello, F.N., de Siqueira Pinto, A., Jafari, M., Sohi, S., Maser, O., Böttcher, H., Berndes, G., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Mboma, C., Ravindranath, N.H., Rice, C.W., Robledo Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F., Herrero, M., House, J.I., Rose, S., 2013. How much land-based greenhouse gas mitigation can be achieved without compromising food security and environmental goals? *Global Change Biol.* 19, 2285–2302.
69. Smith P., Soussana J.-F., Angers D. et al., 2019. How to measure, report and verify soil carbon change to realise the potential of soil carbon sequestration for atmospheric greenhouse gas removal. *Global Change Biology*. Doi: 10.1111/gcb.14815.
70. Soussana J.-F., Lutfalla S., Ehrhardt F., Rosenstock T., Lamanna C., Havlík P., Richards M., Wollenberg E., Chotte J.-L., Torquebiau E., Ciais P., Smith P., Lal R. 2019. Matching policy and science: Rationale for the '4 per 1000 - soils for food security and climate' initiative. *Soil and Tillage Research*, 188, 3-15
- 71.
72. Stolbovoi, V., 2006. Soil Carbon in the forests of Russia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11: 203-222.
73. Tate, K.R., Scott, N.A., Ross, D.J., Parshotam, A., Claydon, J.J., 2000. Plant effects on soil carbon storage and turnover in a montane beech (*Nothofagus*) forest and adjacent tussock grassland in New Zealand. *Aust. J. Soil Res.* 38, 685.
74. Tóth, G., Jones, A., & Montanarella, L. (2013). The LUCAS topsoil database and derived information on the regional variability of cropland topsoil properties in the European Union. *Environmental monitoring and assessment*, 185(9), 7409-7425.
75. UNFCCC, 1998. Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change
76. Vance, E.D., Brookes, P.C., Jenkinson, D.S., 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil Biology and Biochemistry* 19: 703–707.
77. Varella, R.F., M.M.C. Bustamante, A.S. Pinto, K.W. Kisselle, R.V. Santos, R.A. Burke et al. 2004. Soil fluxes of CO<sub>2</sub>, CO, NO, and N<sub>2</sub>O from an old pasture and from native Savanna in Brazil. *Ecol. Appl.* 14(Supplement):S221–S231. doi:10.1890/01-6014
78. Vesterdal L., Clarke N., Sigurdsson B. D., Gundersen P. 2013. Do tree species influence soil carbon stocks in temperate and boreal forests? *Forest Ecology and Management* 309: 4-18.
79. Viscarra-Rossel, R.A., Webster, R., Bui, E.N., Baldock, J.A. 2014. Baseline map of organic carbon in Australian soil to support national carbon accounting and monitoring under climate change. *Global Change Biol.* 20, 2953–2970.
80. Wall D. et al. 2016. Soil biodiversity and human health. *Nature* 529:69-71
81. WRB, 2014. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No.106. FAO, Rome.-191 p.

Seminaras „Anglies svarba klimato kaitos perspektyvoje“ LAMMC Žemdirbystės institutas, 2018 m. spalio 25 d. (programa pridedama).

Seminaras „Organinė anglis, klimato kaita ir ūkininkavimo siekiai“ (Ž. Kadžiulienė, D. Feizienė, A. Šlepetienė, K. Armolaitis). Paroda Agrovizija 2019. LAMMC ekspozicija, 2019 06 28.

### ***Moksliniai straipsniai***

Marozas V., Sasnauskienė J., Dautartė A., Gavenauskas A., Sabienė N., **Armolaitis K.** 2018. Effects of shelterwood cuttings in soil chemical properties in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) forests in Europe's hemiboreal zone, in Lithuania. *Journal of Elementology* 23 (1): 353-367. DOI: 10.5601/jelem.2017.22.2.1389. [IF=0.641]

Šlepetiene A., Amaleviciute-Volunge K., Liaudanskiene I., Armolaitis K., Feiza V., Duchovski K., Kadziulienė Ž., Feizienė D. 2020. Main aspects of nowadays SOC assesment in agricultural soils of Lithuania. *Žemdirbyste-Agriculture* (parengtas).

### ***Pranešimai konferencijose***

1. **K. Armolaitis**, I. Varnagirytė-Kabašinskienė, V. Stakėnas, A. Gudauskienė ir P. Žemaitis. Leaching of organic carbon and plant nutrients at clear cuttings in Lithuania. SNS projekto CAR-ES (*Centre for Advanced Research – Environmental Services*) pasitarimas (CAR-ES meeting). 21-22 February 2018, Uppsala, Sweden (žodinis).
2. J. Aleinikovienė, J. Hofman, **K. Armolaitis** Mikroorganizmų bendrijų funkcionalumas žemės ūkio ir miško dirvožemiuose. Mokslinė konferencija „*Augalų šaknys: biologija, morfologija ir funkcijos*“. 2018 05 11, ASU (žodinis).
3. J. Aleinikovienė, **K. Armolaitis**, **V. Bogužas**, **D. Feizienė**, R. Skuodienė. „Determination of changes in soil microbiota of different soil genesis and long-term diverse soil use intensity“. The 3rd conference on the Ecology of Soil Microorganisms, 17-21 June 2018, Helsinki, Finland (stendinis pranešimas).
4. **D. Feizienė**, V. Feiza, A. Versulienė, D. Janusauskaitė, S. Antanaitis (2018). The Influence of long-term tillage and residue management on topsoil quality in soils with different texture. 26 NKF kongresas, Kaunas, Birželio 27-29 d., 2018
5. **D. Feizienė**, V. Feiza, A. Veršulienė, M. Kochiieru, I. Deveikytė, V. Seibutis, J. Volungevičius, D. Janušauskaitė (2018). Consequence of Long-Term Contrasting Soil Management: Soil Properties and Wheat Roots Distribution. AgroEco konferencija, Kaunas, Spalio 4 d., 2018.
6. **K. Armolaitis**, J. Aleinikovienė, A. Gudauskienė, V. Žekaitė, R. Česnulevičienė. Leaching of soil organic carbon and nutrients in organic farming. International scientific conference AgroEco2018. 2-5 October, 2018, ASU, Kaunas, Lithuania (žodinis).
7. **Skinulienė, Lina**; Butkevičienė, Lina Marija; **Bogužas, Vaclovas**. Effect of 50-year Term Crop Rotations on Soil Organic Carbon // Smart Bio : ICSB 2nd international conference, 3-5 May 2018, Kaunas: Vytautas Magnus University
8. **Skinulienė, Lina**; **Bogužas, Vaclovas**; Butkevičienė, Lina Marija; **Sinkevičienė, Aušra**; Steponavičienė, Vaida. Effect of 50-year crop rotation on carbon stocks and winter cereal productivity // Soil in the Environment : the 3rd International Conference of Young Scientists, 16th-19th September 2018, Kraków-Poronin, Poland

9. **V. Bogužas**, J. Aleinikovienė, L. Butkevičienė, V. Steponavičienė, **L. Skinulienė**. Augalų kaita, tarpiniai pasėliai ir anglies kaupimas dirvožemyje // Konferencija Anglies svarba klimato kaitos perspektyvoje, Akademija, 2018 10 25

**Populiarūs straipsniai:**

1. **Feizienė D.**, Feiza V. Kodėl užmirksta dirvos. Mano ūkis, 2018 kovas, p. 24-29
2. **Bogužas, V.** Atrasti naudą skatins išmokomis : [pokalbis su Aleksandro Stulginskio universiteto Agroekosistemų ir dirvožemio mokslų instituto (ASU ADMI) direktoriumi prof. V. Bogužu] / kalbėjosi M. Kazlauskaitė // Ūkininko patarėjas. 2018, vasario 15, p. 9.
3. **Bogužas, Vaclovas**. Dirvos netenka humuso // Valstiečių laikraštis. ISSN 1021-4526. 2018, balandžio 11, p. 3.
4. **Skinulienė, Lina**; Butkevičienė, Lina Marija; **Bogužas, Vaclovas**. Effect of 50-year Term Crop Rotations on Soil Organic Carbon // Smart Bio: ICSB 2nd international conference, 3-5 May 2018, Kaunas: abstract book. Kaunas: Vytautas Magnus University, 2018, ISBN 9786098104486. p. 153-153.
5. **Skinulienė, Lina**; **Bogužas, Vaclovas**; Butkevičienė, Lina Marija; **Sinkevičienė, Aušra**; Steponavičienė, Vaida. Effect of 50-year crop rotation on carbon stocks and winter cereal productivity // Soil in the Environment: the 3rd International Conference of Young Scientists, 16th-19th September 2018, Kraków-Poronin, Poland: Book of Abstracts. Kraków-Poronin, 2018. p. 66.

**SUDERINTA:**

*(Tyrimų priežiūros komisijos pirmininkas)*

*(Vardas, Pavardė)*

*(Data)*