



Norvēģijas Grantu klimata un vides 2014.-2021. gada perioda programmas “Klimata pārmaiņu mazināšana, pielāgošanās tām un vide” iepriekš noteiktais projekta "**Ilgspējīgas augsnes resursu pārvaldības uzlabošana lauksaimniecībā**" (E2SOILAGRI)

2.aktivāte – Nacionālās augsnes oglekļa monitoringa sistēmas izveide

2.1.apakšaktivāte – Augsnes oglekļa monitoringa tīkla izveide lauksaimniecībā izmantojamā zemē

PĒTĪJUMA REZULTĀTI AUGSNES MONITORINGA PARAUGLAUKUMU IZVEIDĒ

Zinātniskais pārskats par pētījuma rezultātiem augsnes monitoringa parauglaukumu izveidē

2. aktivitāte: **Nacionālās augsnes oglekļa monitoringa sistēmas izveide**

2.1. apakšaktivitāte: **Augsnes oglekļa monitoringa tīkla izveide
lauksaimniecībā izmantojamā zemē**

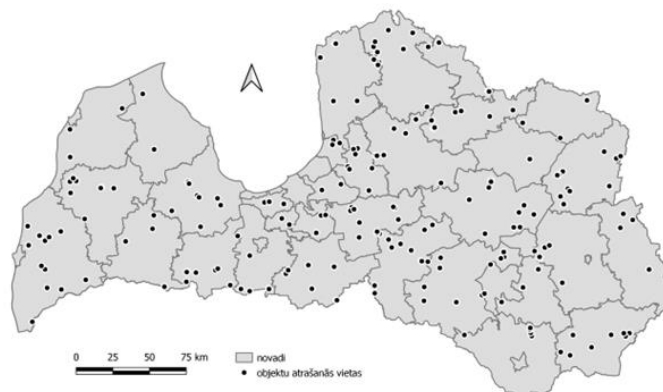
Darba uzdevums: 2.1.7. LIZ augsnes oglekļa monitoringa datu analīze un integrācija siltumnīcefekta gāzu (SEG) inventarizācijas sistēmā.

Saturs

1. Augsnes monitoringa punktu izvēles kritēriji un metodika augsnes paraugu ievākšanai	1
2. Augsnes diagnostika un apraksts monitoringa parauglaukumos.....	3
3. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes augsnes oglekļa monitoringa datu bāze	4
4. LIZ augsnes oglekļa monitoringa datu analīze un integrācija SEG inventarizācijas sistēmā	5
5. Organiskā oglekļa uzkrājums augsnē aramzemēs un zālajos	8
Secinājumi	17
Conclusions	18
Izmantotā literatūra	19

1. Augsnes monitoringa punktu izvēles kritēriji un metodika augsnes paraugu ievākšanai

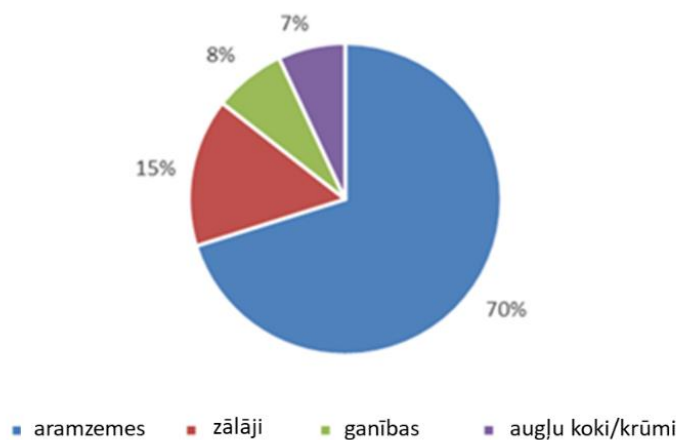
Augsnes monitoringa veikšanai tika atlasīti 200 augsnes oglekļa monitoringa punkti, kas tika saskaņoti ar VAAD. Lai varētu doties lauka darbos, vispirms tika noslēgti līgumi ar LIZ zemes gabalu, kuros atrodas objekti, īpašniekiem un valdītājiem. Kā redzams 1.1. attēlā, atlasītie objekti ir diezgan vienmērīgi izvietoti pa visu Latvijas teritoriju.



1.1. attēls Augsnes monitoringa objektu atrašanās vietas

Lielākā daļa objektu atradās aramzemēs (70%), kam sekoja zālāji (15%), ganības (8%) un augļu koku/krūmu dārzi (7%) (1.2. attēls). Attiecīgi visbiežāk sastopamie kultūraugi bija aramzemēs sasētie, kā ziemas kvieši (30%), kas novēroti 54 objektos, ziemas rapsis (9%), auzas (5%), vasaras kvieši (5%). Ievērojamu apjomu starp kultūrām sastādīja arī ilggadīgie zālāji (17%), kuri novēroti 30 objektos. Pārējo kultūraugu sastopamība objektos nesasniedza 5% sliksni, tomēr to dažādība ir plaša - kopā 28 dažādi kultūraugi.

Vairāk nekā pusē objektu ir veikta mēslošana ar minerālmēsliem (53%), citviet mēslošanā pielietoti kūtsmēsli un digestāts (8%), kaļķošanas materiāls (2%) un cits organiskais mēslojums (7%), savukārt gandrīz trešdaļa no objektiem lauksaimniecības zemju netika mēslojotas (30%).



1.2. attēls Objektu sadalījums pēc to zemes lietojuma veida

Veicot detalizētu objekta aprakstīšanu un augsnes diagnosticēšanu, apsekotajiem objektiem ir veikta augsnes klasifikācija gan pēc Latvijas klasifikācijas (Latvijas augšņu noteicējs, 2009), gan starptautiskās klasifikācijas PAK (IUSS Working Group WRB, 2015). Saskaņā ar Pasaules augšņu klasifikatoru ir konstatētas 10 dažādas augsnes grupas no 32 iespējamām: *Phaeozems* (53%), *Luvissols* (26%), *Retissols* (5%), *Umbrisols* (5%), *Gleysols* (3%), *Regosols* (2%), *Cambissols* (2%), *Planosols* (2%), *Arenosols* (1%), *Stagnosols* (1%). Šis sadalījums uzskatāmi norāda uz to, ka Latvijas lauksaimniecībā izmantojamās zemēs galvenokārt ir bāziska augsne ($pH_{\text{water}} > 5.5$ līdz 100 cm dziļumam) ar vismaz 20 cm dziļu augšējo A horizontu un mālsmilti (LS) vai vēl rupjāku granulometrisko sastāvu, kas ir raksturīgi *Phaeozem* augsnēm, kuras konstatētas vairāk nekā pusē no objektu. Vairāk nekā ceturtdaļā no objektu, kas atlasīti vienmērīgi pa visu Latviju, ir identificēti *Luvissols*, kas liecina par *argic* horizonta esamību, tātad ir identificējams horizonts, kur augsnes granulometriskais sastāvs ir mālsmiltis (LS) vai kāda no smalkākām frakcijām, kuram virspusē ir horizonts ar rupjāku granulometrisko sastāva frakciju.

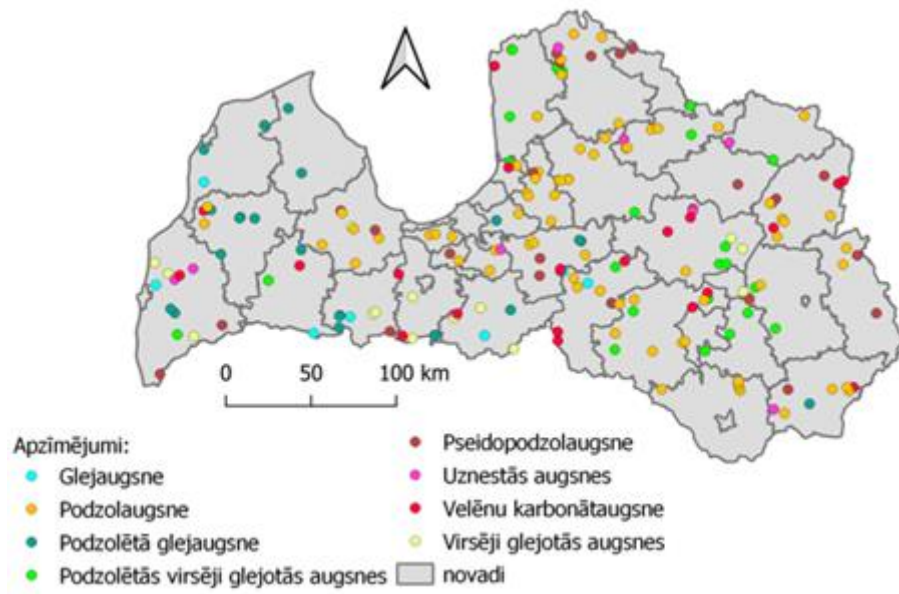
Latvijas klasifikācijas galvenie punkti ir reduktomorfās īpašības, karbonāti un to sākuma dziļums, pH vērtība, pārklājumu klātbūtne un izskalošanās horizonts *E* (Latvijas augšņu noteicējs, 2009). Pēc šiem klasifikatoriem identificēti, ka objektos ir 8 augsnes tipi, kas izdalāmi vēl sīkāk 17 apakštipos. Visplašāk konstatētā bija podzolaugsne (37%), kurai pirmajos 60 cm nav novērojami karbonāti un augsnē neparādās hidromorfisma pazīmes, kā arī ir izteikts *E* horizonts. Pseudopodzolaugsne (12%) ir ļoti līdzīga podzolaugsnēm, tomēr tām *E* horizonts nav izteikts, un A horizontā $pH_{\text{KCl}} > 5.5$. Vienmērīgā apjomā (11%) identificēti 3 tipi - podzolētā virsēji glejotā augsne, podzolētā glejaugsne un velēnu karbonātaugsne. Pirmie divi no trim

minētajiem ir līdzīgi - abiem tipiem raksturīga glejošanās ar podzolēšanās pazīmēm un karbonāti sākot no 60 cm dziļuma, tomēr, ja podzolētai virsēji glejotai augsnei ir vērojama plankumu glejošanās, tad savukārt podzolētai glejaugsnei ir raksturīgs vienlaidus gleja slānis līdz 75 cm dziļumam. Turpretī velēnu karbonātaugsnēm hidromorfisma pazīmju nav un karbonātu sākšanās dziļums ir seklāks par 60 cm no augsnes virspuses, tās veidojušās uz karbonātus saturošiem cilmiežiem (Latvijas augšņu noteicējs, 2009). Vēl identificēti ir tādi augsnes tipi kā virsēji glejotās augsnes (8%), uznestās augsnes (6%), kam raksturīgi vismaz 50 cm biezi sanesumi, un visretāk konstatētās bija glejaugsnes (4%).

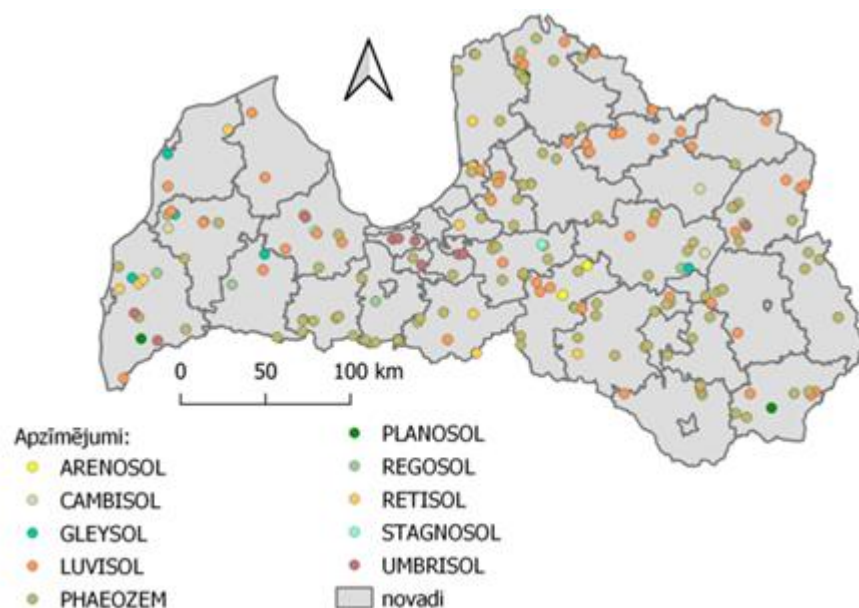
2. Augsnes diagnostika un apraksts monitoringa parauglaukumos

Katrā objektā tika veikta augsnes aprakstīšana un paraugu ievākšana. Lai veiktu aprakstu, ar augsnes zondi izurbts augsnes paraugs vai arī izrakta bedre, kurā viena siena izvēlēta augsnes profila apraksta veikšanai. Zondējums/bedre izrakta vismaz metra dziļumā, lai varētu iegūt pietiekami daudz informācijas pilnīga apraksta veikšanai. Dažos izņēmumos bedres dziļums nesasniedza metru, ko noteica sekls gruntsūdens līmenis. Lielākajā daļā objektu tika veikta zondēšana, kas ir ievērojami ātrāks process par augsnes profila veidošanu. Bedre tika rakta gadījumos, ja zondējums nesniedza pietiekami daudz informāciju, lai varētu veikt augsnes diagnosticēšanu un tipa noteikšanu. Zondējums/profila siena tika aprakstīta, aizpildot veidlapas, kuras satur informāciju par objektu apkārtni, augsni un tās horizontus raksturojošām pazīmēm. Zondējuma veidlapa ir saīsināta profila bedres veidlapas versija, pa cik zondējumā nav izteiktas tādas pazīmes, kā horizontu robežu izteiktība/topogrāfija, plankumu izmēri/izplatība u.tml. Objektu apkārtnes apraksts veikts gan uz lauka, gan ofīsā, izmantojot LVM GEO WMS pieejamos kartogrāfiskos materiālus, lai precizētu visu reljefu raksturojošo informāciju, piemēram, nogāzes slīpumu, ekspozīciju, novietojumu uz nogāzes utt. Augsnes horizontu identificēšana sākas ar vizuālo metodi, t.i., robežu atlikšanu vietās, kur mainās augsnes krāsa. Tālāk papildus robežas tika izdalītas vietās, kur mainās augsnes granulometriskais sastāvs vai novērojama reakcija ar 10% HCl (putu veidošanās liecina par karbonātu klātbūtni). Pēc horizontu izdalīšanas tika veikta to detalizēta aprakstīšana, piemēram, granulometriskā sastāva noteikšana, krāsas noteikšana pēc *Munsell* skalas, struktūras raksturošana u.tml. Lai veiktu aprakstu, tika izmantoti palīgmateriāls *Augsnes diagnostika un apraksts*. Kad veidlapa aizpildīta, tika noteikts provizorisks augsnes tips, kurš tālāk ofīsā precizēts, izmantojot vēl papildus literatūru. Tipu noteikšanai izmantots *Augšņu noteicējs*, kas satur Latvijas apstākļiem modificētu WRB (PAK) augsnes klasifikācijas noteicēja versiju un Latvijas augsnes klasifikācijas noteicēju. Katrā objektā arī tika nofotografēts augsnes zondējums/profils un objekta apkārtnē, kas vizuāli papildina iegūtos datus. Augsnes paraugi ievākti no katra izdalītā augsnes horizonta un tālāk nogādāti uz laboratoriju analīžu veikšanai.

Balstoties uz monitoringā iegūtajiem datiem, ir izveidots ģeotelpiskais datu slānis (1. pielikums), kurā par visiem apsekotajiem objektiem norādīta sekojoša informācija - augsnes tips un apakštips pēc Latvijas augšņu klasifikācijas, kā arī augsnes pamatgrupa pēc PAK klasifikācijas, iekļaujot arī kolonnas, kuras satur informāciju par noteicošajiem un papildus modifikatoriem. Slānis satur arī informāciju par objekta numuru, E2SOILAGRI identifikatoru, apsekošanas datumu un X Y koordinātām. 2.1. attēlā ir redzami augšņu tipi objektos pēc Latvijas augšņu klasifikācijas, taču 2.2. attēlā augšņu pamatgrupas pēc PAK klasifikatora.



2.1. attēls Apsekoto objektu augsnes tipi pēc Latvijas augsnes klasifikācijas



2.2. attēls Apsekoto objektu augsnes tipi pēc PAK augšņu klasifikatora

3. Lauksaimniecībā izmantojamās zemes augsnes oglekļa monitoringa datu bāze

KUVIS datubāzē, ko uztur VAAD, ir apkopoti visi 200 apsektie objekti. Par objektu izveidi un tā pamatinformācijas ievadi datubāzē bija atbildīgi VAAD, savukārt par turpmāk pieminēto datu ievadi atbildīgi LVMI “Silava”.

Datubāzē par katru objektu ir vairākas sadaļas, sākot ar pašu pamatinformāciju - objekta atširējumu, apsekošanas datumu, atrašanās vietu, augsnes tipu, apakštīpu u.c. Augsnes tips un apakštīps noteikts pēc Starptautiskās klasifikācijas (PAK), pēc jaunākās Latvijas augsnes

klasifikācijas sistēmas, kā arī pēc vecās 1991. g. Latvijas augsnes klasifikācijas. Nākamās sadaļas ietver augsni veidojošie faktori un objekta apkārtnes raksturojums – attiecīgi ir plašāk aprakstīts par reljefu (formu, novietojumu, nogāzes garumu u.c.), zemes lietošanas veidu, veģetāciju, efektīvo dziļumu, diagnostikas piezīmes un diagnostikas horizontus (pēc PAK), zondējuma/profila atseguma dziļumu un karbonātu klātbūtni (Kārklīšs, 2008). Katram objektam ir pievienots foto ar zondējumu/ augsnes profilu.

Sekojošā sadaļa – horizontu informācija – ietver padziļinātu informāciju par katru no augsnes horizontiem, tas ir, horizonta numurs un apzīmējums, granulometriskais sastāvs, horizonta dimensijas (centimetrāža horizonta virspusei un apakšpusei), augsnes pamatmasas krāsa pēc *Munsell* skalas, plankumu krāsa, reduktomorfās pazīmes, karbonāti (primārie un sekundārie), augsnes struktūra, virsmas uzklājumu, jaunveidojumu, bioloģisko pazīmju izplatība un veids, kā arī augsnes pH un organiskās vielas saturs augsnē (Kārklīšs, 2008).

Kolēģi no VAAD bija atbildīgi par datu ievadi noslēdzošajās sadaļās – oglekļa paraugi un to analīžu rezultāti, kultūraugi, mēslošana, ietverot gadu, mēslojuma veidu un devu, kā arī līguma pielikums.

4. LIZ augsnes oglekļa monitoringa datu analīze un integrācija SEG inventarizācijas sistēmā

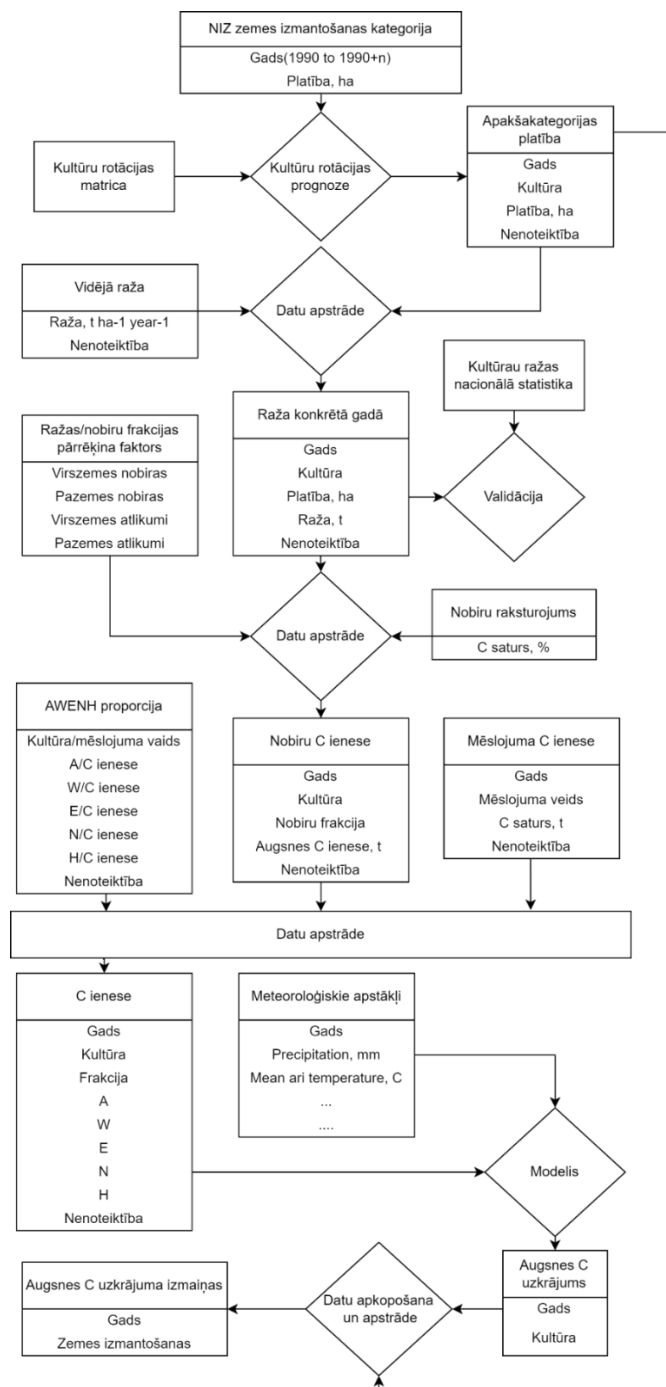
Augsnes C uzkrājuma un tā izmaiņu prognozēšanai pielietots modelis Yasso20 (Viskarei et.al., 2022), modelēšanas procesā izmantojot modeļa noklusētos iestatījumus. Kā modeļa ievades dati izmantota informācija:

- meteoroloģiskie apstākļi Latvijā laika periodā no 1990. gada līdz 2050. gadam:
 - ikmēneša nokrišņu daudzums, mm;
 - ikmēneša vidējā gaisa temperatūra, °C
- ikgadējā C ienese augsnē ar veģetācijas:
 - pazemes biomasas atmirumu;
 - virszemes biomasas atmirumu;
 - ražas novākšanas virszemes biomasas atlikumi;
 - ražas novākšanas pazemes biomasas atlikumi.
- C ienese augsnē sadalījumā pa kategorijām:
 - skābē šķīstoša organiskā viela (A);
 - ūdenī šķīstoša organiskā viela (W);
 - etanolā šķīstoša organiskā viela (E);
 - nešķīstoša organiskā viela (N);
 - humusvielas (H).

Meteoroloģiskie dati iegūti no Latvijas Vides ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs vēsturisko novērojumu datubāzes un sniegtās informācijas par prognozēto ikmēneša vidējo gaisa temperatūru līdz 2050. gadam. Ikgadējās oglekļa ieneses augsnē aprēķināšanai izmatota informācija par:

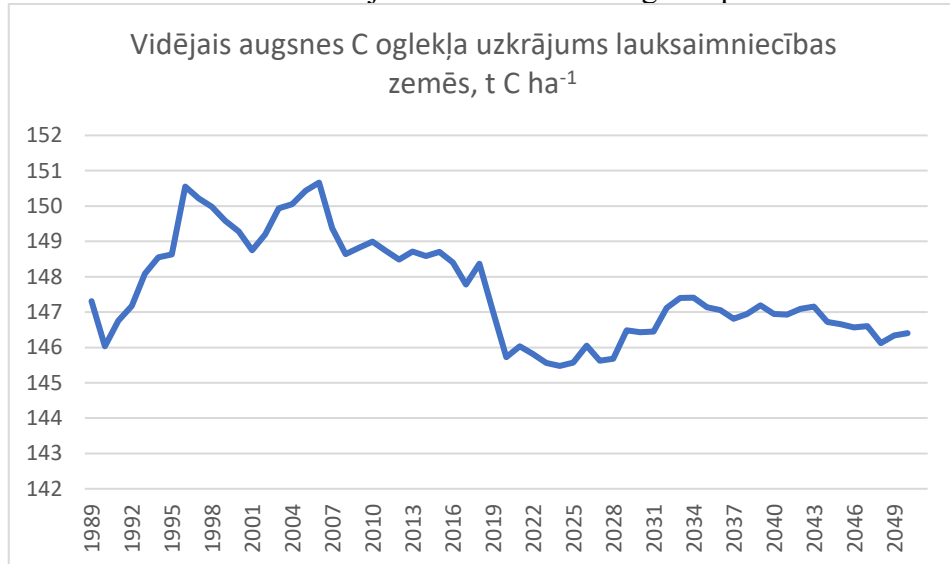
- vidējo kultūras ražu;
- sakarību starp ražu un kultūras virszemes un pazemes biomasā;
- sakarību starp kultūras biomasu un tās ikgadējo atmirumu un atlikumu pēc ražas novākšanas;
- C saturu kultūras virszemes un pazemes biomasas sausnā.

Ikgadējās oglekļa ieneses aprēķināšanai vispirms prognozēta ikgadējais lauksaimniecības sadalījums atkarībā no lauksaimniecības kultūras. Kultūras sadalījums prognozēts izmantojot modeli, kas izstrādāts izmantojot informāciju par vēsturisko kultūras mainību. Modeļa pamatā ir matrica, kas norāda varbūtību ar kādu konkrētu kultūru nākošajā gadā aizvietos cita kultūra. Ar modeli prognozētā ikgadējā kultūru proporcija lauksaimniecības zemēs tiek apvienota ar datiem par katras kultūras vidējo ražu un saistīto ikgadējo oglekļa ienesi augsnē. Rezultātā iegūtie dati kopā ar informāciju par ikgadējiem meteoroloģiskajiem datiem tiek izmantoti ka ievades dati Yasso20 modelī



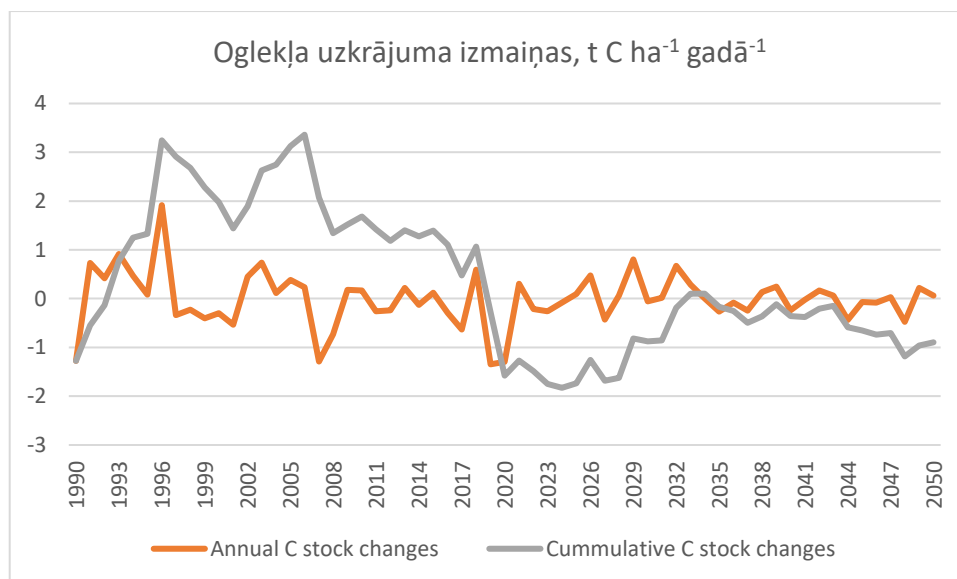
4.1. attēls **Datu un darbību plūsma oglekļa uzkrājuma modelēšanai**

Atbilstoši ievades datiem, Yasso20 modelis prognozē, ka līdzsvara stāvoklī vidējais C uzkrājums lauksaimniecības zemēs ir vidēji 147 t C ha⁻¹ visā augsnes profilā.



4.2. attēls Modelētais oglekļa uzkrājums lauksaimniecības zemēs

Pieņemot, ka nākotnē saglabājas vēsturiskās lauksaimniecību kultūru rotācijas tendences, kādas izmantotas kultūru rotāciju matricas izveidē, atbilstoši ievades datiem Yasso20 modelis prognozē, ka laika periodā no 1990. līdz 2050. gadam ikgadējās vidējās augsnes C uzkrājuma izmaiņas ir $-0,02 \pm 0,55$ t C ha⁻¹ gadā un, ka līdz 2050. gadam vidējais augsnes C uzkrājums lauksaimniecības zemēs samazināsies par 0,9 t C ha⁻¹.



4.3. attēls Modelētās oglekļa uzkrājums lauksaimniecības zemēs

5. Organiskā oglekļa uzkrājums augsnē aramzemēs un zālajos

Organiskā oglekļa uzkrājuma aprēķins un statistiskās datu analīzes metodes

Augsnes organiskā oglekļa uzkrājumu aprēķināja ar sekojošu vienādojumu:

$$\text{SOCS} = \text{SOC} \times \text{BD} \times A \times (1 - P_{2\text{mm}}) \times 100^{-1},$$

kur:

- SOCS – organiskā C uzkrājums laukuma vienībā, t ha⁻¹;
- SOC – organiskā C koncentrācija, g kg⁻¹;
- BD – augsnes blīvums, kg m⁻³;
- H – augsnes slāņa biezums, m;
- P_{2mm} tilpuma frakcija augsnes daļiņām, kas ir lielākas par 2 mm (pieņem, ka tā ir nulle, jo lielākajā daļā augšņu tā ir nebūtiska), norādīta procentos (%).

Augsnes organiskā oglekļa un citu augsnes ķīmisko parametru datiem pārbaudīja atbilstību normālsadalījumam, izmantojot Šapiro–Vilka testu. Datim, kas atbilda normālsadalījumam, veica divu paraugu t-testu. Gadījumā, ja dati neatbilda normālsadalījumam, analīzei izmantoja Vilkoksona rangu zīmju testu, Vilkoksona rangu summas precīzās pārbaudes testu un Manna-Vitnija U testu. Lai izpētītu attiecības starp augsnes organisko oglekli un citiem augsnes ķīmiskajiem parametriem, izmantoja Spīrmena korelācijas analīzi. Veikto testu statistisko būtiskumu definēja kā $p < 0,05$. Datu analīze veikta, izmantojot programmu Rstudio (R versija 4.2.0) (Rstudio Team, 2020).

Organiskā oglekļa koncentrācija un uzkrājums aramzemēs un zālajos

Izpētes objektos aramzemē augstākā vidējā organiskā oglekļa koncentrācija 0-20 cm un 20-40 cm augsnes slāņos konstatēta augsnes grupai grupai Cambisols, bet viszemākā – Stagnosols. Statistiski būtiskas atšķirības konstatētas starp grupām Cambisols un Luvisols ($p = 0,022$ 0-20 cm slānim), Phaeozems un Luvisols ($p = 0,0021$ 0-20 cm slānim, $p = 0,0074$ 20-40 cm slānim), kā arī Phaeozems un Regosols ($p = 0,019$ 20-40 cm slānim). OC koncentrācija dažādos augsnes slāņos aramzemē atkarībā no augšņu grupas parādīta 5.1. tabulā.

Tabula 5.1.

Organiskā oglekļa koncentrācija dažādos augsnes slāņos pētījuma objektos aramzemē atkarībā no augšņu grupas

WRB augšņu grupa	Organiskā oglekļa koncentrācija (g kg ⁻¹)					
	0-20 cm			20-40 cm		
	Vidējās aritmētiskais ± SE	M ediāna	Min imālā- Maksimālā vērtība	Vidē jās aritmētiskais ± SE	M ediāna	Min imālā- Maksimālā vērtība
Aren osols	10,73 ± 2, 07	1 0,73	8,6 5-12,8	6,95 ± 0,15	6 0,95	6,8- 7,1

isols	Camb	1,79	31,98±1	6,65	2	14, 75-54,55	13,6	7±3,91	5,4	1	19,4	6,2-
ols	Gleys	02	19,38±6,	4,15	1	8,5- 42,6	8,64	±2,00		8	15,6	3,4-
ols	Luviss	68	13,18±0,	2,28	1	8,1- 26,2	8,67	±0,78	,65	8	19,8	1,4-
ozems	Phae	43	17,99±1,	5,05	1	6,1 5-116,25	12,3	8±0,89	2,20	1	48,9	1,9-
sols	Plano	18	14,83±4,	4,83	1	10, 65-19	13,0	5±4,95	3,05	1	18	8,1-
sols	Rego	13	14,29±2,	2,75	1	11, 3-20,35	4,80	±0,92	,35	4	7,2	3,3-
ols	Retiss	23	14,63±1,	2,65	1	10, 6-21,35	9,06	±1,72	,8	8	18,2	2,3-
osols	Stagn		12,70		-	-	2,40			-		-
isols	Umbr	47	17,76±2,	4,25	1	9,4- 30,75	8,19	±1,68	,2	7	18,1	1,6-

Pētījuma objektos zālajos augstākās vidējās OC koncentrācijas 0-20 cm augsnes slānī konstatētas Planosols, savukārt 20-40 cm augsnes slānī - Phaeozems. Zemākās koncentrācijas 0-20 cm augsnes slānī konstatētas Retisols, savukārt 20-40 cm slānī – Planosols. Statistiski būtiskas atšķirības OC koncentrācijā starp augšņu tipi nav konstatētas, taču statistiskās metodes varēja izmantot tikai Luvisols un Phaeozems gadījumā, jo citi augšņu tipi ir maz pārstāvēti. OC koncentrācija dažādos augsnes slāņos zālajos atkarībā no augšņu grupas parādīta 5.2. tabulā.

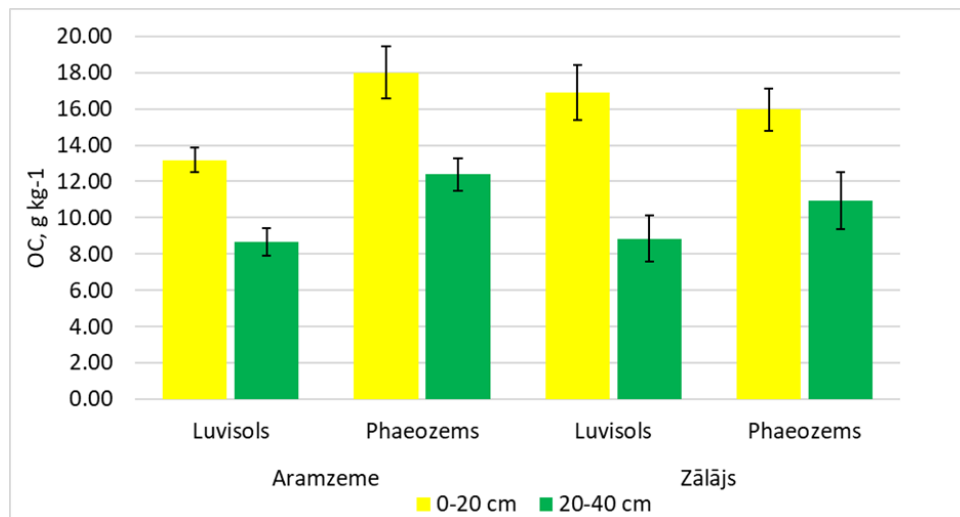
Tabula 5.2.

Organiskā oglekļa koncentrācija dažādos augsnes slāņos pētījuma objektos zālajos atkarībā no augšņu grupas

WRB augšņu grupa	Organiskā oglekļa koncentrācija (g kg ⁻¹)						
	0-20 cm			20-40 cm			
	Vidējās aritmētiskais ±SE	M ediāna	Min imālā- Maksimālā vērtība	Vidējās aritmētiskais ±SE	M ediāna	Min imālā- Maksimālā vērtība	
Gleys ols, Planosols, Retisols, Stagnosols, Umbrisols	15,5 8±7,24	,4 9	6- 10,35	4,39±1 ,96	4, 5	2,1 0-12,30	
Luviss	16,8 8±1,52	6,73 1	6,2- 28,7	8,84±1 ,29	9, 35	0,8- 17,9	
Phaeozems	15,9 5±1,17	5,23 1	8,4- 27,8	10,93± 1,56	10 ,35	2- 27,9	

Salīdzinot organiskā oglekļa koncentrācijas starp abiem zemes izmantošanas veidiem, augšņu grupām Luvisols un Phaeozems, statistiski būtiskas atšķirības konstatētas tikai augšņu grupai Luvisols 0-20 cm slānī ($p=0,026$). Šajā gadījumā OC koncentrācija zālajos ir būtiski lielāka. Aramzemju un zālāju OC koncentrāciju salīdzinājums augšņu grupām Luvisols un Phaeozems parādīts attēlā 5.1.

Saskaņā ar LUCAS 2018 ziņojumu organiskā oglekļa koncentrācija Eiropā 0–20 cm augsnes slānī bija vidēji $18,3 \text{ g kg}^{-1}$ aramzemēs un $40,2 \text{ g kg}^{-1}$, kā arī konstatēta pieaugoša tendence klimatiskajām zonām no dienvidaustrumiem uz ziemeļrietumiem. Vislielākā organiskā oglekļa koncentrācija konstatēta boreālajā un subboreālajā zonā gan aramzemēs ($55,1 \text{ g kg}^{-1}$), gan zālajos ($75,0 \text{ g kg}^{-1}$) (Fernandez-Ugalde et al., 2022). Šīs vērtības pārsniedz mūsu rezultātus, īpaši zālāju gadījumā, taču LUCAS pētījumā nav ņemti vērā augšņu tipi un nodalītas organiskās augsnes un minerālaugsnes.



5.1. attēls **Organiskā oglekļa koncentrāciju salīdzinājums aramzemēs un zālajos augšņu grupām Luvisols un Phaeozems**

Novērtējot korelācijas starp organiskā oglekļa koncentrāciju un citiem augsnes ķīmiskajiem parametriem aramzemju platībās, konstatētas ļoti spēcīgas ($|\rho| \geq 0,8$), būtiskas korelācijas starp OC koncentrāciju un kopējā slāpekļa (TN) saturu augsnē 0-20 cm slānī augšņu grupai Gleysols, 0-20 cm un 20-40 cm slāņos augšņu grupai Luvisols, 0-20 cm un 20-40 cm slāņos augšņu grupai Phaeozems, 0-20 cm un 20-40 cm slāņos augšņu grupai Retisols, kā arī 0-20 cm slānī augšņu grupai Umbrisols. Būtiskas, spēcīgas ($|\rho| \geq 0,6$), negatīvas korelācijas konstatētas 20-40 cm slānī augšņu grupai Gleysols starp organiskā oglekļa koncentrāciju un augsnes K, Ca un P koncentrācijām. Konstatēta arī spēcīga pozitīva, būtiska korelācija starp organiskā oglekļa koncentrāciju un TN saturu 20-40 cm slānī grupai Umbrisols. Konstatētas mērenas ($|\rho| \geq 0,4$) būtiskas korelācijas starp organiskā oglekļa koncentrāciju un C:N 20-40 cm slānī, OC koncentrāciju un Ca koncentrāciju, kā arī P koncentrāciju 0-20 cm slānī grupai Phaeozems. Luvisola 20-40 cm slānī. Ir novērotas arī vairākas vājas ($0,2 \leq |\rho| < 0,4$), bet statistiski būtiskas korelācijas. Spīrmena korelācijas koeficienti un to no būtiskuma līmenis parādīts 5.2. attēlā.

Slānis, WRB grupa	TN	pH	C:N	K	Ca	Mg	P
0-20 cm, Gleysols	0.90 *	0.20	0.20	-0.50	-0.60	-0.50	-0.31
20-40 cm, Gleysols	0.30	-0.40	0.30	-0.90 *	-0.70	-1.00 ***	-0.9 *
0-20 cm, Luvisols	0.79 ***	0.3	0.21	0.18	0.27	0.29	0.34 *
20-40 cm, Luvisols	0.78 ***	0.114	0.72 ***	0.08	0.22	0.14	0.49 **
0-20 cm, Phaeozems	0.91 ***	0.24 *	0.18	0.19	0.41 ***	0.19	0.21
20-40 cm, Phaeozems	0.82 ***	0.05	0.52 ***	-0.21	-0.04	-0.08	0.17
0-20 cm, Retisols	0.74 *	-0.07	0.66	0.38	0.10	0.69 *	0.40
20-40 cm, Retisols	0.92 ***	-0.58	0.02	0.02	-0.57	-0.6	0.4
0-20 cm, Umbrisols	0.79 *	0.60	0	0.36	0.36	0.44	0.20
20-40 cm, Umbrisols	0.75 *	-0.24	0.76 *	0.67	0.10	0.54	0.05

5.2. attēls Spīrmena korelācijas koeficienti starp organiskā oglekļa koncentrācijām un citiem augsnes ķīmiskajiem parametriem pētījuma objektos aramzemē. Būtiskuma līmeņi ir norādīti ar zvaigznītēm (*: $0,01 \leq p < 0,05$, **: $0,001 \leq p < 0,01$, ***: $p < 0,001$). Ar sarkanu krāsu apzīmētas ļoti spēcīgas negatīvas korelācijas, ar zaļu krāsu – spēcīgas pozitīvas korelācijas, krāsu gradients no sarkana līdz zaļam apzīmē korelācijas koeficientus no ļoti spēcīgas negatīvas līdz ļoti spēcīgai pozitīvai korelācijai.

Novērtējot korelācijas starp organiskā oglekļa koncentrāciju un citiem augsnes ķīmiskajiem parametriem pētījuma objektos zālajos, konstatētas būtiskas, ļoti spēcīgas korelācijas starp organiskā oglekļa koncentrāciju un kopējā slāpekļa koncentrāciju augšņu grupai Luvisols 0-20 cm slānī un augšņu grupai Phaeozems 0-20 cm un 20-40 cm slāņos. Konstatēta arī būtiska, spēcīga, pozitīva korelācija starp organiskā oglekļa koncentrāciju un augsnes kopējā slāpekļa koncentrāciju 20-40 cm slānī augšņu grupai Luvisols. Būtiskas spēcīgas pozitīvas korelācijas konstatētas arī starp augsnes organiskā oglekļa koncentrāciju un C:N attiecību gan Luvisols, gan Phaeozems augšņu grupām 20-40 cm slānī. Konstatēta būtiska mērena pozitīva korelācija starp organiskā oglekļa koncentrāciju un augsnes pH augšņu grupai Luvisols 0-20 cm slānī. Spīrmena korelācijas koeficienti un to no būtiskuma līmenis parādīts attēlā 5.3.

Slānis, WRB grupa	TN	pH	C:N	K	Ca	Mg	P
0-20 cm, Luvisols	0.90 ***	0.54 *	0.08	0.27	0.13	0.12	-0.01
20-40 cm, Luvisols	0.73 **	0.32	0.78 ***	0.22	0.12	0.16	0.46
0-20 cm, Phaeozems	0.86 ***	0.32	0.40	0.11	0.25	0.10	0.33
20-40 cm, Phaeozems	0.95 ***	0.23	0.61 **	-0.20	-0.12	-0.37	0.26

5.3. attēls Spīrmena korelācijas koeficienti starp OC koncentrācijām un citiem augsnes ķīmiskajiem parametriem pētījuma objektos zālajos. Būtiskuma līmeņi ir norādīti ar zvaigznītēm (*: $0,01 \leq p < 0,05$, **: $0,001 \leq p < 0,01$, ***: $p < 0,001$). Ar sarkanu krāsu apzīmētas ļoti spēcīgas negatīvas korelācijas, ar zaļu krāsu – spēcīgas pozitīvas korelācijas, krāsu gradients no sarkana līdz zaļam apzīmē korelācijas koeficientus no ļoti spēcīgas negatīvas līdz ļoti spēcīgai pozitīvai korelācijai.

Vidējais organiskā oglekļa uzkrājums 0-40 cm augsnes slānī pētījuma objektos aramzemē, neņemot vērā augšņu grupas, bija $82,78 \text{ t ha}^{-1}$, savukārt zālajos tas bija $76,95 \text{ t ha}^{-1}$. Aramzemē vislielākais vidējais organiskā oglekļa uzkrājums 0-10. cm, 0-20 cm un 20-40 cm slāņi konstatēti augšņu grupai Cambisols, bet vismazākais – 0-10 cm un 0-20 cm grupas Arenosols, bet, ņemot vērā visu 0-40 cm profilu – Stagnosols. Statistiski būtiskas atšķirības konstatētas starp augšņu grupām Phaeozems un Luvisols ($p=0,020$ 0-10 cm slānim, $p=0,0035$ 0-20 cm slānim, $p=0,0048$ 0-40 cm slānim), Cambisols un Luvisols ($p=0,027$ 0-20 cm slānim, $p=0,0015$ 0-40 cm slānim), Cambisols un Umbrisols ($p=0,036$ 0-40 cm slānim), Cambisols un Retisols ($p=0,036$ 0-40 cm slānim). kā Phaeozems un Regosols ($p=0,021$ 0-40 cm slānim). organiskā oglekļa uzkrājums dažādos augsnes slāņos aramzemē atkarībā no augšņu grupas parādīts 5.3. tabulā.

Tabula 5.3.

Organiskā oglekļa uzkrājums dažādos augsnes slāņos pētījuma objektos aramzemē atkarībā no WRB augšņu grupas

WRB augšņu grupa	Organiskā oglekļa uzkrājums, t C ha^{-1}										
	0-10 cm			0-20 cm			0-40 cm				
	Vi dējās aritmētiskais $\pm S$ E	ediāna	in-Max vērtība	Vi dējās aritmētiskais $\pm S$ E	ediāna	in-Max vērtība	V idējās aritmētiskais \pm SE	ediāna	in-Max vērtība		
A renosols	44 26	19. ± 0 .	9.44	9.19- 19.70	84 36	33. ± 4 .	3.84	9.48- 38.20	7.03	2.05- 62.01	
C ambisols	98 ± 11.14	35. ± 11.14	2.58	8.60- 56.75	11 ± 22.95	79. ± 22.95	1.79	3.53- 122.02	21.65 ± 13.92	29.52	4.60- 140.85
G leysols	86 33	27. ± 6 .	2.31	7.47- 52.46	02 ± 12.21	55. ± 12.21	1.55	2.91- 99.86	0.01	6.92- 127.14	

uvisols	L	09 20. ±0.	8.58	1.59- 32.31	57 40. ±1.71	8.73	4.83- 67.58	0.88 ±3.65	0.32	2.66- 128.38
haeozems	P	68 21 ±1.	1.94	.89- 87.32	06 51. ±2. 43	7.08	1.32- 176.64	0.49 ±4.19	1.67	6.70- 225.02
lanosols	P	92 62 ±6.	1.92	5.30- 28.55	46. 21 ±11.04	6.21	5.16- 57.25	9.33±22.29	9.33	7.04- 111.62
egosols	R	40 43 ±3.	9.85	5.33- 30.58	67 42. ±5. 61	9.76	3.00- 58.17	8.55 ±4.59	8.45	7.49- 69.81
etisols	R	59 53 ±1.	1.35	7.82- 32.89	40 44. ±3.08	0.47	2.06- 61.83	4.00 ±7.56	3.19	0.70- 112.45
stagnosols	S	14 20.	0.14	0.14- 20.14	70 40.	0.70	0.70	8.45	4 8.45	8.45
umbrisols	U	97 2.23 ±	9.92	4.14- 31.87	52 47. ±5. 30	2.08	9.78- 72.11	3.00±8.01	5.73	9.34- 108.64

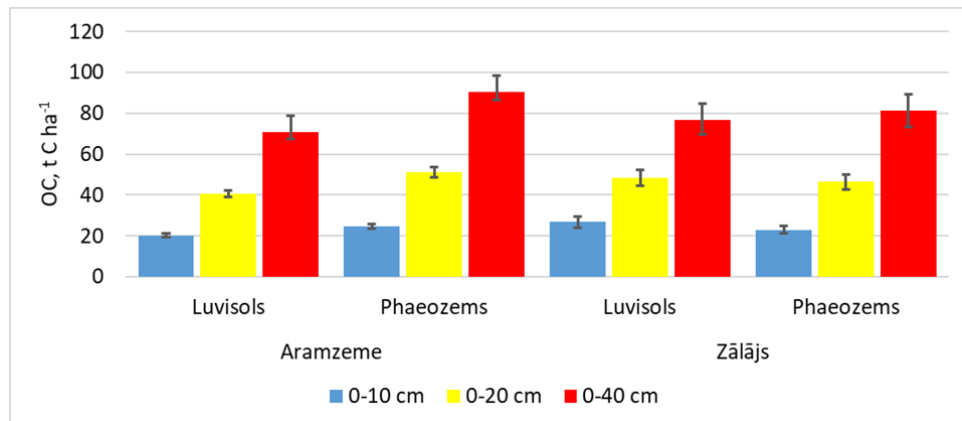
Pētījuma objektos zālajos vislielākais vidējais organiskā oglekļa uzkrājums 0-10 cm, 0-20 cm un 0-40 cm slāņos konstatēts Planosols, bet vismazākais - 0-10 cm un 0-20 cm slāņī Retisols, savukārt ņemot vērā visu 0-40 cm profilu – Umbrisols. Statistiski būtiskas atšķirības nav konstatētas. Organiskā oglekļa uzkrājums dažādos augsnes slāņos zālajos atkarībā no augšņu grupas parādīts 5.4. tabulā.

Tabula 5.4.

Organiskā oglekļa uzkrājums dažādos augsnes slāņos pētījuma objektos zālajos atkarībā no WRB augšņu grupas

RB augšņu grupa	Organiskā oglekļa uzkrājums, t C ha ⁻¹								
	0-10 cm			0-20 cm			0-40 cm		
	Vi dējās aritmētiskais ±S E	ediāna	in-Max vērtība	Vi dējās aritmētiskais ±S E	ediāna	in-Max vērtība	Vi dējās aritmētiskais ±S E	ediāna	in-Max vērtība
G leysols, Planosols, Retisols, Stagnosols, Umbrisols	22, 33±7,97	4,27	1,41- 18,31	41, 01±16,25	8,34	6,73- 105,33	57, 98±16,51	8,01	1,30- 121,79
L uvisols	26, 74±2,59	5,58	1,02- 50,90	48, 22±3,93	6,43	0,45- 79,57	76, 66±7,03	2,32	3,12- 127,68
P haeozems	22, 88±1,83	1,23	,65- 41,63	46, 41±3,60	2,00	6,79- 87,67	81, 47±7,98	8,02	4,10- 171,40

Salīdzinot OC uzkrājumu pētījuma objektos aramzemē un zālajos ar augšņu grupām Luvisols un Phaeozems, Phaeozems augšņu grupai lielāks C uzkrājums konstatēts aramzemēs, savukārt zālajos lielāks organiskā oglekļa uzkrājums konstatēts augšņu grupai Luvisols. Statistiski būtiskas atšķirības starp abiem zemes izmantošanas veidiem konstatētas augšņu grupai Luvisols 0-10 cm slānī ($p=0,016$). Organiskā oglekļa uzkrājuma salīdzinājums aramzemēs un zālajos augšņu grupām Luvisols un Phaeozems parādīts attēlā 5.4.



5.4. attēls **Organiskā oglekļa uzkrājuma salīdzinājums aramzemēs un zālajos augšņu grupām Luvisols un Phaeozems**

Novērtējot korelācijas starp organiskā oglekļa uzkrājumu un citiem augsnes ķīmiskajiem parametriem pētījuma objektos aramzemē, būtiskas, ļoti spēcīgas, pozitīvas korelācijas konstatētas starp organiskā oglekļa uzkrājumu un TN koncentrāciju augsnē augšņu grupām Gleysols un Phaeozems (visos slāņos), 0-10 cm slānī Luvisols, 0-10 cm un 0-40 cm slānī Retisols, kā arī 0-20 cm un 0-40 cm slānī Umbrisols. Konstatētas arī būtiskas, spēcīgas, pozitīvas korelācijas starp organiskā oglekļa uzkrājumu un TN saturu 0-20 un 0-40 cm slāņos augšņu grupai Luvisols, kā arī 0-20 cm slānī grupām Retisols un Umbrisols. Piedevām, konstatēta arī būtiska pozitīva, spēcīga korelācija starp organiskā oglekļa uzkrājumu un augsnes pH 0-10 cm slānī grupai Umbrisols. Konstatēta būtiska, mērena, pozitīva korelācija starp organiskā oglekļa uzkrājumu un augsnes pH 0-20 cm slānī grupai Luvisols. Konstatētas arī vairākas vājas, bet statistiski būtiskas pozitīvas korelācijas starp organiskā oglekļa uzkrājumu un augsnes pH, C:N attiecību un fosfora saturu augsnē augšņu grupām Luvisols, Phaeozems un Retisols. Spīrmena korelācijas koeficienti un to no būtiskuma līmenis parādīts attēlā 5.5.

Slānis, WRB grupa	TN	pH	C:N	K	Ca	Mg	P
0-10 cm, Gleysols	0.90 *	0.62	0.30	-0.10	-0.30	-0.10	0.10
0-20 cm, Gleysols	0.90 *	0.20	0.20	-0.50	-0.60	-0.50	-0.31
0-40 cm, Gleysols	0.90 *	0.20	0.10	-0.60	-0.30	-0.50	-0.50
0-10 cm, Luvisols	0.83 ***	0.37 *	0.37 *	0.11	0.34	0.26	0.16
0-20 cm, Luvisols	0.74	0.43 *	0.27	0.09	0.34	0.27	0.29
0-40 cm, Luvisols	0.71 *	0.26 *	0.56	-0.01	0.22	0.10	0.30
0-10 cm, Phaeozems	0.85 ***	0.23 *	0.26 *	0.15	0.38 ***	0.14	0.26 *
0-20 cm, Phaeozems	0.86 ***	0.19	0.24 *	0.16	0.38	0.18	0.24 *
0-40 cm, Phaeozems	0.79 ***	0.12	0.29 **	-0.09	0.17	0.03	0.23
0-10 cm, Retisols	0.82 **	-0.19	0.06	0.42	0.03	0.65	0.35 *
0-20 cm, Retisols	0.75 *	-0.15	0.60	0.39	0	0.58	0.40
0-40 cm, Retisols	0.85 **	-0.37	0.33	0.12	-0.33	-0.17	0.28
0-10 cm, Umbrisols	0.71	0.75 *	0.020	0.49	0.19	0.49	0.36
0-20 cm, Umbrisols	0.79 *	0.60	0	0.36	0.36	0.44	0.20
0-40 cm, Umbrisols	0.77 *	0.31	-0.05	0.69	0.26	0.65	0.02

5.5. attēls Spīrmena korelācijas koeficienti starp organiskā oglekļa uzkrājumu un citiem augsnes ķīmiskajiem parametriem pētījuma objektos aramzemē. Būtiskuma līmeņi ir norādīti ar zvaigznītēm (*: $0,01 \leq p < 0,05$, **: $0,001 \leq p < 0,01$, ***: $p < 0,001$). Ar sarkanu krāsu apzīmētas ļoti spēcīgas negatīvas korelācijas, ar zaļu krāsu – spēcīgas pozitīvas korelācijas, krāsu gradients no sarkana līdz zaļam apzīmē korelācijas koeficientus no ļoti spēcīgas negatīvas līdz ļoti spēcīgai pozitīvai korelācijai.

Novērtējot korelācijas starp organiskā oglekļa uzkrājumu un citiem augsnes ķīmiskajiem parametriem pētījuma objektos zālajos, konstatēta būtiska, ļoti spēcīga šī parametra korelācija ar TN koncentrāciju augsnē visos augsnes slāņos Luvisols un Phaeozems. Savukārt būtiska mērena korelācija konstatēta starp OC uzkrājumu un C:N attiecību 0-40 cm slānī grupām Luvisols un Phaeozems. Spīrmena korelācijas koeficienti un to no būtiskuma līmenis parādīts attēlā 5.6.

Slānis, WRB grupa	TN	pH	C:N	K	Ca	Mg	P
0-10 cm, Luvisols	0.83 ***	0.30	0.16	0.43	0.41	0.25	0.02
0-20 cm, Luvisols	0.83 ***	0.41	0.19	0.50	0.41	0.33	0.12
0-40 cm, Luvisols	0.80 ***	0.34	0.51 *	0.43	0.24	0.36	0.21
0-10 cm, Phaeozems	0.75 ***	0.28	0.31	0.27	0.21	0.20	0.42
0-20 cm, Phaeozems	0.83 ***	0.37	0.36	0.25	0.24	0.18	0.35
0-40 cm, Phaeozems	0.88 ***	0.24	0.50 *	-0.13	0.02	-0.14	0.18

5.6. attēls Spīrmena korelācijas koeficienti starp organiskā oglekļa uzkrājumu un citiem augsnes ķīmiskajiem parametriem pētījuma objektos zālajos. Būtiskuma līmeņi ir norādīti ar zvaigznītēm (*: $0,01 \leq p < 0,05$, **: $0,001 \leq p < 0,01$, ***: $p < 0,001$). Ar sarkanu krāsu apzīmētas ļoti spēcīgas negatīvas korelācijas, ar zaļu krāsu – spēcīgas pozitīvas korelācijas, krāsu gradients no sarkana līdz zaļam apzīmē korelācijas koeficientus no ļoti spēcīgas negatīvas līdz ļoti spēcīgai pozitīvai korelācijai.

Lietuvā veiktā pētījumā vidējais organiskā oglekļa uzkrājums minerālaugsnēs (0–30 cm slānī) bija robežās no 56 t ha⁻¹ Arenosols līdz 118 t ha⁻¹ Cambisols (Armolaitis et al., 2022). Arī saskaņā ar mūsu rezultātiem aramzemēs otrs mazākais organiskā oglekļa uzkrājums konstatēts Arenosols un lielākais – Cambisols. Lietuvas pētījumā zālajos minerālaugsnēs vislielākais organiskā oglekļa uzkrājums konstatēts Gleysols, bet mūsu pētījumā – Luvisols.

Latvijā agrāk veiktā pētījumā aramzemēs vismazākais vidējais organiskā oglekļa uzkrājums tāpat kā mūsu pētījumā konstatēts Stagnosols. Salīdzinot ar šo pētījumu, mūsu organiskā oglekļa uzkrājuma vērtības ir līdzīgas arī Arenosols un Luvisols, augstākas - Cambisols un nedaudz zemākas - pārējiem augsnes tipiem gan aramzemēs, gan zālajos (Bardule et al., 2017).

Augsnes organiskais ogleklis, slāpeklis, kā arī abu šo element attiecība (C/N) ir galvenie faktori augsnes auglības uzturēšanā, un to vērtības ir cieši saistītas ar mēslošanas līdzekļu izmantošanu (Li et al., 2022). Gandrīz visām augsnes grupām pastāv ļoti spēcīga vai spēcīga būtiska korelācija gan starp organiskā oglekļa koncentrāciju, gan uzkrājumu un augsnes kopējo slāpekļa koncentrāciju. Iepriekšējie pētījumi liecina, ka jo augstāks ir organiskā oglekļa saturs, jo lielāka ir augsnes spēja saglabāt slāpekli. Sadaloties augsnes organiskajām vielām, atbrīvojas barības vielas, tostarp slāpeklis, tādējādi uzlabojot barības vielu saglabāšanu un kopējo augsnes auglību (Wibowo and Kasno, 2021).

Plašāks pētījuma rezultātu izklāsts ietverts zinātniskā publikācijā (Organic carbon stock in mineral soils in cropland and grassland in Latvia), kas sagatavota iesniegšanai žurnālā Agriculture (žurnāls indeksēts Scopus un SCIE (Web of Science) datu bāzēs, JCR Q1 (Agronomy)).

Secinājumi

1. Apsektie objekti labi raksturo Latvijas apstākļus, ņemot vērā, ka tie ir vienmērīgi izvietoti pa visu valsts teritoriju.
2. Objektos ir plaša kultūraugu dažādība, ietverot 28 dažādus kultūraugus, no kuriem visbiežāk sastopamie ir ziemas kvieši.
3. Lauksaimniecībā izmantotajās zemēs ir veikta mēslošana ar 5 dažādiem mēslojumu veidiem - minerālmēsliem, kūstmēsliem un digestātiem, kaļķošanas materiālu, citu organisko mēslojumu vai bez mēslojuma.
4. Pēc Pasaules augšņu klasifikatora konstatētas 10 dažādas augsnes grupas - *Phaeozems* (53%), *Luvissols* (26%), *Retissols* (5%), *Umbrisols* (5%), *Gleysols* (3%), *Regosols* (2%), *Cambissols* (2%), *Planosols* (2%), *Arenosols* (1%), *Stagnosols* (1%).
5. Lauksaimniecībā izmantojamo zemju objektos dominē podzolaugsnis, tomēr augsnes tipu dažādība ir liela - ir konstatēti 8 no 12 augsnes tipiem pēc Latvijas klasifikācijas.
6. Lauka darbu efektivitāti būtiski uzlabo zondēšanas metode, turpretī detalizētāku augsnes aprakstu ļauj veikt augsnes profila izrakšana. Vislabāk ir abas metodes kombinēt - sākt ar zondēšanu, taču ja tā neļauj iegūt pilnīgu informāciju augsnes aprakstam un tipa noteikšanai, veikt augsnes profila izveidi.
7. Ģeotelpiskā datu slāņa izveide ļauj vizualizēt informāciju par izdalītajiem augsnes tipiem apsekotajos objektos, tādējādi padarot šos datus vieglāk uztveramus.
8. KUVIS datubāze ir ļoti detalizēti izveidota un ietver visus datus, kas ievākti no apsekotajiem objektiem. Datubāzē ir informācija par katru objektu, augsnes aprakstu, tai skaitā katru sastopamo augsnes horizontu, laboratoriju rezultātiem, kā arī mēslojumu datiem pēdējo gadu laikā, kas nodrošina visaptverošu informāciju turpmākiem pētījumiem.
9. Salīdzinot augsnes organiskā oglekļa koncentrāciju pētījuma objektos aramzemēs un zālajos, konstatēts, ka augsnes grupai *Luvissols* tā ir būtiski augstāka zālajos, 0-20 cm slānī, kur koncentrēta lielākā daļa organiskā oglekļa. Savukārt, salīdzinot organiskā oglekļa uzkrājumu, zālajos augsnes grupai *Luvissols* konstatētas būtiski augstākas vērtības 0-10 cm slānī. To varētu izskaidrot ar regulāru lauksaimniecisko darbību aramzemēs, kas paātrina augsnes organisko vielu sadalīšanos. Arī kultūraugu atliekas nereti tiek novāktas, kā rezultātā samazinās organiskā oglekļa ienese augsnē. Savukārt zālajos atmirušais augu materiāls uzkrājas.
10. Vērtējot pārējās augsnes grupas, tikai *Planosols* konstatēta lielāka organiskā oglekļa koncentrācija un uzkrājums zālajos, salīdzinot ar pētījuma objektiem aramzemēs. Ņemot vērā, ka citas augšņu grupas, izņemot *Luvissols* un *Phaeozems*, bija reti pārstāvētas, tās ir jāturpina novērtēt nākotnes pētījumos.
11. Konstatētas būtiskas, spēcīgas, pozitīvas korelācijas gan starp augsnes organiskā oglekļa koncentrāciju, gan uzkrājumu un kopējo slāpekļa koncentrāciju gandrīz visās pētītajās augsnes grupās un augsnes slāņos. Tas uzsver augsnes organiskā oglekļa izšķirošo lomu augsnes slāpekļa saglabāšanā un augsnes auglīguma uzturēšanā.

Conclusions

1. The selected research sites for this study well describe Latvia's conditions since they are evenly spread across the entire country.
2. Research sites had a diverse selection of crops, encompassing 28 various types, with winter wheat being the most prevalent.
3. Agricultural lands have been fertilized with 5 different types of fertilizers - mineral fertilizers, manures and digestates, liming material, other organic fertilizers or no fertilizers at all.
4. According to WRB classification 10 different soil groups were identified - Phaeozems (53%), Luvisols (26%), Retisols (5%), Umbrisols (5%), Gleysols (3%), Regosols (2%), Cambisols (2%), Planosols (2%), Arenosols (1%), Stagnosols (1%).
5. Podzolic soils were the dominating soil type among the research sites; however, there was high diversity of soil types - 8 out of 12 soil types were identified using the Latvian classification.
6. The efficiency of fieldwork was significantly enhanced by the soil augering method; however, a more detailed soil description can be achieved using a soil profile. The optimal approach is to combine both of these methods – begin with augering, and if it does not provide sufficient information for soil description and classification, then proceed to create a soil profile.
7. The creation of a geospatial data layer allows visualizing information about the identified soil types in the research sites, thereby making this data more easily comprehensible.
8. KUVIS database is very detailed, it contains all the data collected from the research sites - data about each research site, soil description, including each identified soil horizon, laboratory results, as well as fertilizer data over the past years, which overall provides comprehensive information for further research.
9. When comparing the soil organic carbon concentration between study sites in cropland and grassland, it was found to be significantly higher in grassland for soil group Luvisols, particularly in the 0-20 cm layer where the majority of soil organic carbon is concentrated. When comparing the soil organic carbon stocks, grassland sites with Luvisols showed significantly higher values in the 0-10 cm layer. This could be explained with the fact that in cropland, regular agricultural practices can accelerate the decomposition of soil organic matter and plant residues are often removed, leading to a lower soil organic carbon content, whereas in grassland dead plant material accumulates and contributes to higher soil organic carbon content.
10. Among the remaining WRB soil groups, only for Planosols soil organic carbon concentration and stock were higher in study sites in grassland compared to study sites in cropland. However, due to low occurrence of soil groups other than Luvisols and Phaeozems in study sites, the obtained soil organic carbon concentration and stock values for these soil groups may be considered inconclusive and need to be further investigated in future studies.
11. Strong and significant correlations were identified between soil organic carbon concentrations and stocks and TN concentration across almost all examined soil layers and soil groups. This underscores the crucial role of soil organic carbon in retaining soil nitrogen and maintaining fertility.

Izmantotā literatūra

1. IUSS Working Group WRB (2015). World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. In: World Soil Resources Reports, No. 106, Rome: FAO, 2015. 192 p.
2. Kārklīņš, A. (2008). *Augsnes diagnostika un apraksts*. LLU, Jelgava, 336 lpp.
3. Latvijas augšņu noteicējs (2009). A. Kārklīņš, I. Gemste, H. Mežals, O. Nikodemus, R. Skujāns. Jelgava: LLU. 240 lpp.
4. Viskari, T., Pusa, J., Fer, I., Repo, A., Vira, J., and Liski, J. 2022 Calibrating the soil organic carbon model Yasso20 with multiple datasets, *Geosci. Model Dev.*, 15, 1735–1752. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-1735-2022>
5. RStudio Team (2020). *RStudio: Integrated Development for R*. RStudio, PBC, Boston, MA. URL: <http://www.rstudio.com/>.
6. Fernandez-Ugalde, O; Scarpa, S; Orgiazzi, A.; Panagos, P.; Van Liedekerke, M; Marechal A. & Jones, A. LUCAS 2018 Soil Module. Presentation of dataset and results, EUR 31144 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg. 2022, ISBN 978-92-76-54832-4, doi:10.2760/215013, JRC12992
7. Armolaitis, K.; Varnagirytė-Kabašinskienė, I.; Žemaitis, P.; Stakėnas, V.; Beniušis, R.; Kulbokas, G.; Urbaitis, G. Evaluation of organic carbon stocks in mineral and organic soils in Lithuania. *Soil Use and Management* **2022**, 38, 355–368.
8. Bardule, A., Lupikis, A., Butlers, A., Lazdins, A. Organic carbon stock in different types of mineral soils in cropland and grassland in Latvia. *Zemdirbyste* **2017**, 104, 3–8.
9. Li, C., Aluko, O.O., Yuan, G. et al. The responses of soil organic carbon and total nitrogen to chemical nitrogen fertilizers reduction base on a meta-analysis. *Scientific reports* **2022**, 12, 16326.
10. Wibowo, H., Kasno, A. Soil organic carbon and total nitrogen dynamics in paddy soils on the Java Island, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* **2021**, 648, 012192.