**Atmežošanas radīto SEG emisiju aprēķinu metodika**

**Ietekmes uz vidi novērtējumam autoceļa A5 Rīgas apvedceļš (Salaspils – Babīte) posma no km 11,6 (Ķekavas apvedceļš) līdz km 38,2 (A 10) pārbūvei par ātrgaitas autoceļu**

Dr. silv. Andis Lazdiņš, 08.06.2024

Emisiju faktori un oglekļa uzkrājuma rādītāji, kas izmantoti aprēķinos, doti Tab. 1. SEG emisiju aprēķina kopsavilkums dots Tab. 2. Atmežojamajā platībā ietilpst 12 ha organisko augšņu un 38 ha minerālaugšņu. Kopējie oglekļa zudumi atmežošanas rezultātā atbilst 20,0 tūkst. tonnām CO2, bet SEG emisiju pieaugums no organiskās augsnes – 0,42 tūkst. tonnām CO2 ekv. gadā. SEG emisijas no organiskās augsnes turpinās visā aprēķinu periodā, t.i. 50 gadu laikā kopējais SEG emisiju pieaugums no augsnes sasniedz 41,2 tūkst. tonnas CO2 ekv. (Att. 1). SEG emisiju pieaugums no organiskās augsnes aprēķināts, kā SEG emisiju no augsnes mežaudzēs, zālājos un atmežotajās teritorijās starpība.

Tab. 1. Oglekļa uzkrājuma un SEG emisiju faktori atmežošanas ietekmes raksturošanai

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Nr. | Parametrs | Mērvienība | Skaitliskā vērtība |
|  | Oglekļa uzkrājums zemsegā mežaudzē | tonnas C ha⁻¹ | 12,1364 |
|  | Oglekļa uzkrājums zemsedzē mežaudzē | tonnas C ha⁻¹ | 0,5159 |
|  | Oglekļa uzkrājums minerālaugsnē mežaudzē | tonnas C ha⁻¹ | 82,6191 |
|  | Oglekļa zudumi minerālaugsnē pēc atmežošanas | - | 20% |
|  | CO₂ emisijas no augsnes apbūves teritorijās | tonnas CO₂ ha⁻¹ gadā | 28,9667 |
|  | CH₄ emisijas no augsnes apbūves teritorijās | tonnas CO₂ ekv. ha⁻¹ gadā | - |
|  | CH₄ emisijas no grāvjiem apbūves teritorijās | tonnas CO₂ ekv. ha⁻¹ gadā | 32,6200 |
|  | Grāvju īpatsvars apbūves teritorijās | - | 5,0% |
|  | N₂O emisijas no augsnes apbūves teritorijās | tonnas CO₂ ekv. ha⁻¹ gadā | 5,4136 |

Tab. 2. SEG emisijas un oglekļa zudumi atmežošanas rezultātā

| Parametrs | Mērvienība | Skaitliskā vērtība |
| --- | --- | --- |
| Atmežotā platība: | ha | 49 |
| minerālaugsnes | ha | 38 |
| organiskās augsnes | ha | 12 |
| Oglekļa zudumi: | tonnas C | 5455 |
| dzīvā koku biomasa | tonnas C | 4371 |
| zemsedzes augi | tonnas C | 25 |
| nedzīvā koksne | tonnas C | 461 |
| nedzīvā zemsega | tonnas C | 598 |
| minerālaugsne | tonnas C | 620 |
| SEG emisiju no augsnes pieaugums: | tonnas CO₂ ekv. gadā | 416 |
| SEG emisijas no augsnes meža zemēs | tonnas CO₂ ekv. gadā | 6 |
| SEG emisijas no augsnes apbūves teritorijās | tonnas CO₂ ekv. gadā | 422 |

Att. 1. Kumulatīvā atmežošanas radīto SEG emisiju prognoze 50 gadu periodam.

Piecu gadu periodā pēc projekta uzsākšanas SEG emisijas no augsnes ir tikai 2% no kopējām SEG emisijām, kas veidojas atmežošanas rezultātā, bet ar katru gadus šo emisiju īpatsvars pieaug un 50 gadu laikā tie jau ir vairāk nekā 50%.

Neiegūtā CO2 piesaiste dzīvajā biomasā un citās oglekļa krātuvēs turpmāko 5 gadu laikā, pieņemot, ka šajās teritorijās nenotiek mežizstrāde, ir 24,3 tūkst. tonnas CO2. Tomēr neiegūtā piesaiste netiek rēķināta, kā atmežošanas ietekme Nacionālajā SEG inventarizācijas ziņojumā, tāpēc arī šajā ziņojumā, neradītās piesaistes rādītājiem ir tikai informatīvs raksturs, un tos neņem vērā vērtējot atmežošanas ietekmi uz SEG emisijām.

Oglekļa uzkrājuma un tā izmaiņu raksturošanai aprēķina pašreizējo oglekļa uzkrājumu kokaugu, zemsedzes augu biomasā, nedzīvajā koksnē, zemsegā un kokaugu biomasā, kā arī krājas pieauguma radīto oglekļa uzkrājuma pieaugumu (atbilstoši faktiskās audzes tekošajam vidēji periodiskajam krājas pieaugumam) un dabisko atmirumu.

Faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķināšanas vienādojuma (1) koeficienti dažādām koku sugām doti Tab. 3. Pārējām sugām izmanto apses vienādojumus (Donis u.c., 2013).

|  |  |
| --- | --- |
| $$\begin{array}{c}Z\_{M}=a\_{1}\*A^{a\_{2}}\*a\_{3}^{B}\*G^{a\_{4}}\\kur\\Z\_{M}-faktiskāsaudzestekošaisvidējiperiodiskaiskrājaspieaugums,m^{3}ha^{-1}gadā;\\A–kokaudzesIstāvavaldošāskokusugasvecums,gadi;\\B–audzesbonitāte(atbilstošiOrlovabonitāšuskalaiIa=0,I=1...IV=4;V=5);\\G–kokaudzesšķērslaukums,m^{2}ha^{-1}.\end{array}$$ | (1) |

Tab. 3. Koeficienti faktiskās audzes tekošā vidēji periodiskā krājas pieauguma aprēķiniem

| Suga | Taksācijas vienība | a1 | a2 | a3 | a4 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Priede | s10 | 3,9878 | -0,5260 | 0,8766 | 0,9140 |
| 1st | 4,0724 | -0,5062 | 0,8658 | 0,9017 |
| kopa | 3,9049 | -0,4473 | 0,8518 | 0,8571 |
| Egle | s10 | 7,5328 | -0,6104 | 1,0000 | 0,8113 |
| 1st | 8,5071 | -0,5868 | 1,0000 | 0,7557 |
| kopa | 8,7959 | -0,5371 | 1,0000 | 0,6810 |
| Bērzs | s10 | 12,6641 | -0,6299 | 0,8996 | 0,6299 |
| 1st | 11,0285 | -0,5755 | 0,8915 | 0,6598 |
| kopa | 9,6997 | -0,4776 | 0,8772 | 0,6097 |
| Melnalksnis | s10 | 8,2851 | -0,6452 | 0,8814 | 0,8313 |
| 1st | 9,2240 | -0,5437 | 0,8829 | 0,6992 |
| kopa | 10,7240 | -0,5133 | 0,8822 | 0,6234 |
| Apse | s10 | 13,5951 | -0,6185 | 1,0000 | 0,6838 |
| 1st | 14,2491 | -0,5161 | 1,0000 | 0,5526 |
| kopa | 12,4910 | -0,3753 | 1,0000 | 0,4480 |
| Baltalksnis | s10 | 16,5590 | -0,8165 | 1,0000 | 0,6639 |
| 1st | 15,7085 | -0,6095 | 1,0000 | 0,5040 |
| kopa | 11,5837 | -0,4727 | 1,0000 | 0,4737 |

Ikgadējā dabiskā atmiruma aprēķināšanai izmantots 2. vienādojums. Vienādojuma koeficienti dažādām koku sugām doti Tab. 4. Pārējām sugām izmanto apses vienādojumus (Donis u.c., 2013).

|  |  |
| --- | --- |
| $$\begin{array}{c}Z\_{M}(-)=\frac{A\*G}{a+b\*A+c\*G}\\kur\\Z\_{M}(-)-faktiskāsaudzestekošaisvidējiperiodiskaiskrājasatmirums,m^{3}ha^{-1}gadā;\\A–kokaudzesIstāvavaldošāskokusugasvecums,gadi;\\G–kokaudzesšķērslaukums,m^{2}ha^{-1};\\a,b,c-koeficienti.\end{array}$$ | (2) |

Tab. 4. Koeficienti dabiskā atmiruma aprēķiniem

| Suga | Taksācijas vienība | a | b | c |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Priede | s10 | 300,94217 | 24,72256 | -26,77060 |
| Egle | s10 | 196,76581 | 5,99927 | -2,71843 |
| Bērzs | s10 | 173,04410 | 7,71451 | -4,20134 |
| Melnalksnis | s10 | 293,67071 | 4,72598 | -0,65462 |
| Apse | s10 | -29,13739 | 10,31567 | 0,24534 |
| Baltalksnis | s10 | 32,20676 | 2,51643 | 0,98351 |

Biomasas aprēķinam augošos kokos (aprēķina kopējo virszemes un pazemes biomasu) visām sugām un biomasas veidiem, izņemot bērza pazemes biomasu, izmanto 3. vienādojumu, bet bērza pazemes biomasai - 4. vienādojumu. Vienādojumu koeficienti dažādām koku sugām doti Tab. 5. Pārējām sugām izmanto apses koeficientus.

|  |  |
| --- | --- |
| $$\begin{array}{c}B=(k\*exp(a+\frac{b\*D}{D+m}+c\*H+d\*ln(H)))\*\frac{N}{1000}\\kur\\B-biomasa(AGB,SB,BB,BGB,SRB),tonnasha^{-1};\\D–kokaudzesvidējākokacaurmērs,cm;\\H–kokaudzesvidējākokaaugstums,m;\\N–kokuskaitsaudzē,gab.ha^{-1};\\a,b,c,d,m,k-koeficienti.\end{array}$$ | (3) |
| $$\begin{array}{c}B=(k\*exp(a+ln(D)\*b))\*\frac{N}{1000}\\kur\\B-pazemesbērzaaudzēsbiomasa(BGB),tonnasha^{-1};\\D–kokaudzesvidējākokacaurmērs,cm;\\N–kokuskaitsaudzē,gab.ha^{-1};\\a,b,k-koeficienti.\end{array}$$ | (4) |

Tab. 5. Koeficienti biomasas aprēķinu vienādojumiem

| Suga | Biomasa[[1]](#footnote-1) | a | b | c | d | m | k |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Egle | AGB | -0,5244 | 8,8563 | 0,0000 | 0,3879 | 19,0000 | 1,0127 |
| SB | -2,5842 | 7,0769 | 0,0232 | 0,9631 | 15,0000 | 1,0022 |
| BB | 0,3300 | 12,0986 | 0,0000 | -1,0682 | 16,0000 | 1,0121 |
| BGB | -2,4967 | 10,8184 | 0,0000 | 0,0000 | 14,0000 | 1,0388 |
| SRB | -3,3454 | 7,5401 | 0,0000 | 0,0000 | 9,0000 | 1,0680 |
| Priede | AGB | -1,4480 | 8,7399 | 0,0000 | 0,5624 | 16,0000 | 1,0086 |
| SB | -2,8125 | 7,1368 | 0,0118 | 1,1270 | 15,0000 | 1,0053 |
| BB | -1,6032 | 14,7696 | 0,0000 | -1,5888 | 11,0000 | 1,0415 |
| BGB | -3,2937 | 9,0334 | 0,0000 | 0,5353 | 14,0000 | 1,0350 |
| SRB | -4,1683 | 1,4686 | 0,4263 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0613 |
| Bērzs | AGB | -2,1284 | 9,3375 | 0,0221 | 0,2838 | 11,0000 | 1,0041 |
| SB | -2,9281 | 8,2943 | 0,0184 | 0,7374 | 11,0000 | 1,0020 |
| BB | -1,0091 | 16,9249 | 0,0000 | -2,0462 | 12,0000 | 1,0745 |
| BGB | -3,6432 | 2,5127 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0060 |
| SRB | -4,1485 | 8,6630 | 0,0000 | 0,0000 | 7,0000 | 1,0090 |
| Apse | AGB | -1,9434 | 9,7506 | 0,0337 | 0,0000 | 11,0000 | 0,9900 |
| SB | -2,8955 | 8,3896 | 0,0226 | 0,6148 | 11,0000 | 1,0058 |
| BB | -2,3703 | 14,3352 | 0,0000 | -1,0849 | 12,0000 | 1,0040 |
| BGB | -2,3114 | 10,3644 | 0,0000 | 0,0000 | 15,0000 | 0,9917 |
| SRB | -2,2732 | 14,1612 | 0,0000 | -1,7449 | 10,0000 | 0,9945 |
| Alksnis | AGB | -2,1284 | 9,3375 | 0,0221 | 0,2838 | 11,0000 | 1,0041 |
| SB | -2,9281 | 8,2943 | 0,0184 | 0,7374 | 11,0000 | 1,0020 |
| BB | -1,0091 | 16,9249 | 0,0000 | -2,0462 | 12,0000 | 1,0745 |
| BGB | -3,6432 | 2,5127 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 1,0060 |
| SRB | -4,1485 | 8,6630 | 0,0000 | 0,0000 | 7,0000 | 1,0090 |

Augošo koku biomasu pārrēķina uz oglekli, izmantojot 5. vienādojumu.

|  |  |
| --- | --- |
| $$\begin{array}{c}C=B\*50\%\\kur\\C-oglekļauzkrājumsbiomasā(AGB,SB,BB,BGB,SRB),tonnasCha^{-1};\\B–biomasa(AGB,SB,BB,BGB,SRB),tonnasha^{-1}.\end{array}$$ | (5) |

Biomasas aprēķinam krājas pieaugumā, izmanto 6. vienādojumu virszemes biomasas aprēķiniem un 7. pazemes biomasas aprēķiniem.

|  |  |
| --- | --- |
| $$\begin{array}{c}B\_{P}(AGB)=\frac{B\_{AGB}}{M}\*M\_{P}\\kur\\B\_{P}(AGB)-virszemesbiomasapieaugumā,tonnasha^{-1};\\B\_{AGB}-augošukokuvirszemesbiomasa,tonnasha^{-1};\\M-augošukokukrāja,m^{3}ha^{-1};\\M\_{P}–krājaspieaugums,m^{3}ha^{-1}.\end{array}$$ | (6) |
| $$\begin{array}{c}B\_{P}(BGB)=\frac{B\_{BGB}}{M}\*M\_{P}\\kur\\B\_{P}(BGB)-pieaugumapazemesbiomasa,tonnasha^{-1};\\B\_{BGB}-augošukokupazemesbiomasa,tonnasha^{-1};\\M-augošukokukrāja,m^{3}ha^{-1};\\M\_{P}–krājaspieaugums,m^{3}ha^{-1}.\end{array}$$ | (7) |

Biomasas aprēķinam dabiskajā atmirumā izmanto 8. un 9. vienādojumu.

|  |  |
| --- | --- |
| $$\begin{array}{c}B\_{A}(AGB)=\frac{B\_{AGB}}{M}\*M\_{A}\\kur\\B\_{A}(AGB)-dabiskāatmirumavirszemesbiomasa,tonnasha^{-1};\\B\_{AGB}-augošukokuvirszemesbiomasa,tonnasha^{-1};\\M-augošukokukrāja,m^{3}ha^{-1};\\M\_{A}–dabiskaisatmirums,m^{3}ha^{-1}.\end{array}$$ | (8) |
| $$\begin{array}{c}B\_{A}(BGB)=\frac{B\_{BGB}}{M}\*M\_{A}\\kur\\B\_{A}(BGB)-atmirumapazemesbiomasa,tonnasha^{-1};\\B\_{BGB}-augošukokupazemesbiomasa,tonnasha^{-1};\\M-augošukokukrāja,m^{3}ha^{-1};\\M\_{A}–dabiskaisatmirums,m^{3}ha^{-1}.\end{array}$$ | (9) |

Oglekļa satura aprēķinam pieaugumā un dabiskajā atmirumā izmanto 5. vienādojumu. Oglekļa uzkrājuma izmaiņas aprēķina, atskaitot no pieauguma atmirumu.

SEG emisiju no organiskām augsnēm emisiju faktori doti Tab. 6. Izcirtumiem un pārējām sugām izmanto apses koeficientus. Emisijas no augsnes aprēķina, izmantojot 10.-15. vienādojumu.

|  |  |
| --- | --- |
| $$\begin{array}{c}CO\_{2}=EF\_{CO\_{2}}\*\frac{44}{12}\\kur\\CO\_{2}-CO\_{2}emisijasnoaugsnes(heterotrofāaugsneselpošana),tonnasCO\_{2}ha^{-1};\\EF\_{CO\_{2}}–emisijufaktors,tonnasCO\_{2}-Cha^{-1}.\end{array}$$ | (10) |
| $$\begin{array}{c}CH\_{4}(grāvji)=EF\_{CH\_{4}}grāvjiem\*\frac{28}{1000}\*grāvjuplatība\\kur\\CH\_{4}(grāvji)-CH\_{4}emisijasnogrāvjiem,tonnasCO\_{2}ekv.ha^{-1};\\EF\_{CH\_{4}}grāvjiem–emisijufaktors,kgCH\_{4}ha^{-1};\\Grāvjuplatība-grāvjuplatībasīpatsvars\%;\\28-CO\_{2}emisijuekvivalents.\end{array}$$ | (11) |
| $$\begin{array}{c}CH\_{4}=(EF\_{CH\_{4}}\*\frac{28}{1000})\*(100\%-grāvjuplatība)\\kur\\CH\_{4}-CH\_{4}emisijasnoaugsnes,tonnasCO\_{2}ekv.ha^{-1};\\EF\_{CH\_{4}}grāvjiem–emisijufaktors,kgCH\_{4}ha^{-1};\\Grāvjuplatība-grāvjuplatībasīpatsvars\%;\\28-CO\_{2}emisijuekvivalents.\end{array}$$ | (12) |
| $$\begin{array}{c}N\_{2}O=EF\_{N\_{2}O}\*\frac{265}{1000}\\kur\\N\_{2}O-CH\_{4}emisijasnoaugses,tonnasCO\_{2}ekv.ha^{-1};\\EF\_{CH\_{4}}grāvjiem–emisijufaktors,kgN\_{2}Oha^{-1};\\265-CO\_{2}emisijuekvivalents.\end{array}$$ | (13) |
| $$\begin{array}{c}DOC=EF\_{DOC}\*\frac{44}{12}\\kur\\DOC-DOCemisijasnoaugses,tonnasCO\_{2}ha^{-1};\\EF\_{DOC}grāvjiem–emisijufaktors,kgCha^{-1}.\end{array}$$ | (14) |
| $$\begin{array}{c}SEG\_{augsne}=CO\_{2}+CH\_{4}(grāvji)+CH\_{4}+N\_{2}O+DOC\\kur\\SEG-kopējāsSEGemisijasnoaugses,tonnasCO\_{2}ekv.ha^{-1}.\end{array}$$ | (15) |

Tab. 6. Emisiju koeficienti organiskajām augsnēm

| Valdošā suga | Meža tipi | CH₄ emisijas no grāvjiem, kg CH₄ ha⁻¹ gadā⁻¹ | Grāvju platības īpatsvars | CH₄ emisijas, kg CH₄ ha⁻¹ gadā⁻¹ | N₂O emisijas, kg N₂O ha⁻¹ gadā⁻¹ | CO₂ emisijas (elpošana), tonnas CO₂ ha⁻¹ gadā⁻¹ | DOC emisijas, tonnas CO₂ ha⁻¹ gadā⁻¹ |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Egle | Kp, Ks | 217,0000 | 3% | -6,2857 | 1,5714 | 12,3200 | 1,1 |
| Km, Kv | 217,0000 | 3% | 25,5898 | -0,0751 | 4,2120 | 1,1 |
| Priede | Kp, Ks | 217,0000 | 3% | -1,5887 | 0,9764 | 9,5333 | 1,1 |
| Km, Kv | 217,0000 | 3% | 25,5898 | -0,0751 | 4,2120 | 1,1 |
| Bērzs | Kp, Ks | 217,0000 | 3% | -1,9429 | 1,4143 | 15,0700 | 1,1 |
| Km, Kv | 217,0000 | 3% | 25,5898 | -0,0751 | 4,2120 | 1,1 |
| Apse | Kp, Ks | 217,0000 | 3% | -1,9429 | 1,4143 | 15,0700 | 1,1 |
| Km, Kv | 217,0000 | 3% | 25,5898 | -0,0751 | 4,2120 | 1,1 |
| Alksnis | Kp, Ks | 217,0000 | 3% | 7,7714 | 0,9429 | 10,1017 | 1,1 |
| Km, Kv | 217,0000 | 3% | 25,5898 | -0,0751 | 4,2120 | 1,1 |

Aprēķinā iekļautas SEG emisijas no meliorētām organiskām augsnēm (šobrīd SEG inventarizācijā izmantotā pieeja), bet pēc atmežošanas dabiski mitrajām organiskajām augsnēm meža zemēs piemēro apbūves teritoriju emisiju faktorus, atbilstoši SEG inventarizācijā pielietotajai pieejai.

Oglekļa uzkrājuma noteikšanai nedzīvajā koksnē un koksnes produktos izmanto Tab. 7 dotos faktorus. Pārējo sugu audzēs izmanto apses rādītājus. Aprēķinam pielieto empīrisko faktoru, lai oglekļa uzkrājumu šajās krātuvēs pielīdzinātu vidējam oglekļa uzkrājumam šajās krātuvēs valstī 2021. gadā (Ministry of Climate and Energy, 2023). Attiecīgi, tāpat kā SEG inventarizācijas ziņojumā, oglekļa zudumi no nedzīvās koksnes krātuves atbilst vidējam oglekļa uzkrājumam nedzīvajā koksnē valstī; savukārt, oglekļa zudumi dzīvās biomasas oglekļa krātuvē atbilst faktiskajam oglekļa uzkrājumam šajā krātuvē. Oglekļa uzkrājums koksnes produktos nav ietverts oglekļa zudumu aprēķinā, jo arī SEG inventarizācijas ziņojumā šī krātuve ir nodalīta no konkrētas meža platības.

Tab. 7. Oglekļa uzkrājuma vidējie rādītāji nedzīvajai koksnei un koksnes produktiem

| Valdošā suga | Augšanas apstākļi | Sākotnējais oglekļa uzkrājuma nedzīvajā koksnē, tonnas C ha⁻¹ | Oglekļa uzkrājums skujkoku zāģmateriālos, tonnas C ha⁻¹ | Oglekļa uzkrājums lapkoku zāģmateriālos, tonnas C ha⁻¹ | Oglekļa uzkrājums lapkoku papīrmalkā, tonnas C ha⁻¹ |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Egle | Kūdreņi, āreņi, sausieņi | 60,2 | 33,9 | - | 2,6 |
| Purvaiņi, slapjaiņi | 47,7 | 21,6 | - | 11,2 |
| Priede | Kūdreņi, āreņi, sausieņi | 42,5 | 41,0 | - | 10,0 |
| Purvaiņi, slapjaiņi | 42,0 | 22,3 | - | 7,8 |
| Bērzs | Kūdreņi, āreņi, sausieņi | 32,8 | - | 17,9 | 34,7 |
| Purvaiņi, slapjaiņi | 24,6 | - | 9,0 | 29,3 |
| Apse | Kūdreņi, āreņi, sausieņi | 37,5 | - | 22,1 | - |
| Purvaiņi, slapjaiņi | 25,6 | - | 14,5 | - |
| Alksnis | Kūdreņi, āreņi, sausieņi | 37,5 | - | 22,1 | - |
| Purvaiņi, slapjaiņi | 25,6 | - | 14,5 | - |

Oglekļa uzkrājums zemsedzes veģetācijā un ienese augsnē ar augu atliekām aprēķināta ar vienādojumiem Tab. 8, 9 un 10. Oglekļa ienesi ar augu atliekām neņem vērā minerālaugsnēs, pieņemot, ka oglekļa uzkrājums ir līdzsvara stāvoklī.

Tab. 8. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augos un ienese augsnē ar augu atliekām priedes audzēs[[2]](#footnote-2)

| Nr. | Rādītājs | Aprēķins | Datu avots |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Audzes vecums, gados | - | Ievades dati |
|  | G, m² ha⁻¹ | - | Ievades dati |
|  | Stumbra biomasa, tonnas ha⁻¹ | - | Ievades dati |
|  | Nobiru biomasa, t ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$d=0,597\*b^{0,489}$$ | Nepublicēti REstore pētījuma dati |
|  | C ienese ar koku nobirām, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$e=0,323\*b^{0,489}$$ | Nepublicēti REstore pētījuma dati |
|  | Sīksakņu biomasa, t ha⁻¹ | $$f=0,02\*c$$ | Neumann et al., 2019 |
|  | Sīksakņu biomasas atmirums, t ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$g=f\*0,61$$ | Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012 |
|  | Oglekļa saturs sīksaknēs, t t-1 | 0,5 | Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006 |
|  | Oglekļa ienese ar sīksaknēm, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$i=g\*h$$ | Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012; Lamlom,Savidge, 2003; IPCC, 2006 |
|  | Sīkkrūmu virszemes biomasa, kg ha⁻¹ | $j=(16,68+0,219\*2+0,0004\*a^{2})^{2}-0,5$  | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Zālaugu biomasa, kg ha⁻¹ | $k=(11,725-0,098\*a^{2})^{2}-0,5$  | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Sūnu biomasa, kg ha⁻¹ | $l=(27,329+0,138\*a-0,0005\*a^{2})^{2}-0,5$  | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Ķērpju biomasa, kg ha⁻¹ | $m=(7,975-0,0002\*a^{2})^{2}-0,5$  | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Sīkkrūmu virszemes nobiru biomasa, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$n=j\*0,25$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Zālaugu virszemes atliekas, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$o=k\*1$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Sūnu virszemes biomasas atmirums, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$p=l\*0,33$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Ķērpju virszemes biomasas atmirums, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$q=m\*0,1$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Kopējā zemsedzes augu biomasas ienese, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$r=n+o+p+q$$ | - |
|  | Zemsedzes augu pazemes biomasas ienese, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$s=\frac{r\*100}{30}\*0,7$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005 |
|  | Oglekļa ienese ar augu virszemes atliekām, kg C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$t=r\*0,475$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; FAO, 2005 |
|  | Oglekļa ienese ar zemsedzes augu pazemes atliekām, kg C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$t=s\*0,475$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005 |
|  | Kopējā oglekļa ienese ar zemsedzes auguatliekām, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$v=\frac{t+u}{1000}$$ | - |
|  | Kopējā oglekļa ienese ar nobirām, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$w=v+i+e$$ | - |
|  | Kopējais oglekļa uzkrājums zemsedzes biomasā, t C ha-1 gadā-1 | $$x=(j+k+l+m)\*0,7\*0,475$$ | - |

Tab. 9. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augos un ienese augsnē ar augu atliekām egles audzēs[[3]](#footnote-3)

| Nr. | Rādītājs | Aprēķins | Datu avots |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Audzes vecums, gados | - | Ievades dati |
|  | G, m² ha⁻¹ | - | Ievades dati |
|  | Stumbra biomasa, tonnas ha⁻¹ | - | Ievades dati |
|  | Nobiru biomasa, t ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$d=0,404\*b^{0,726}$$ | Nepublicēti REstore pētījuma dati |
|  | C ienese ar koku nobirām, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$e=0,211\*b^{0,726}$$ | Nepublicēti REstore pētījuma dati |
|  | Sīksakņu biomasa, t ha⁻¹ | $$f=0,02\*c$$ | Neumann et al., 2019 |
|  | Sīksakņu biomasas atmirums, t ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$g=f\*0,84$$ | Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012 |
|  | Oglekļa saturs sīksaknēs, t t-1 | 0,5 | Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006 |
|  | Oglekļa ienese ar sīksaknēm, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$i=g\*h$$ | Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012; Lamlom,Savidge, 2003; IPCC, 2006 |
|  | Sīkkrūmu virszemes biomasa, kg ha⁻¹ | $j=(10,375-0,033\*a+0,001\*a^{2}-0,000004\*a^{3})^{2}-0,5$  | Muukkonen,Mäkipää, 2006 |
|  | Zālaugu virszemes biomasa, kg ha⁻¹ | $k=(15,058-0,113\*a+0,0003\*a^{2})^{2}-0,5$  | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Sūnu virszemes biomasa, kg ha⁻¹ | $l=(19,282+0,164\*a-0,000001\*a^{3})^{2}-0,5$  | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Ķērpju biomasa, kg ha⁻¹ | 0 | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Sīkkrūmu virszemes nobiru biomasa, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$n=j\*0,25$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Zālaugu virszemes atliekas, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$o=k\*1$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Sūnu virszemes biomasas atmirums, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$p=l\*0,33$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Ķērpju virszemes biomasas atmirums, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$q=m\*0,1$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Kopējā zemsedzes augu biomasas ienese, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$r=n+o+p+q$$ | - |
|  | Zemsedzes augu pazemes biomasas ienese, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$s=\frac{r\*100}{30}\*0,7$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005 |
|  | Oglekļa ienese ar augu virszemes atliekām, kg C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$t=r\*0,475$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; FAO, 2005 |
|  | Oglekļa ienese ar zemsedzes augu pazemes atliekām, kg C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$t=s\*0,475$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005 |
|  | Kopējā oglekļa ienese ar zemsedzes auguatliekām, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$v=\frac{t+u}{1000}$$ | - |
|  | Kopējā oglekļa ienese ar nobirām, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$w=v+i+e$$ | - |
|  | Kopējais oglekļa uzkrājums zemsedzes biomasā, t C ha-1 gadā-1 | $$x=(j+k+l+m)\*0,7\*0,475$$ | - |

Tab. 10. Oglekļa uzkrājums zemsedzes augos un ienese augsnē ar augu atliekām lapkoku audzēs[[4]](#footnote-4)

| Nr. | Rādītājs | Aprēķins | Datu avots |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Audzes vecums, gados | - | Ievades dati |
|  | G, m² ha⁻¹ | - | Ievades dati |
|  | Stumbra biomasa, tonnas ha⁻¹ | - | Ievades dati |
|  | Nobiru biomasa, t ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$ifb≼10;d=0,013\*b$$$$ifb≻34;d=-0,00639\*34^{2}+0,433\*34-2,391$$$$if10≻b≼34;d=-0,00639\*b^{2}+0,433\*b-2,391$$ | Nepublicēti REstore pētījuma dati |
|  | C ienese ar koku nobirām, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$ifb≼10;d=0,007\*b$$$$ifb≻34;d=-0,00344\*34^{2}+0,233\*34-1,286$$$$if10≻b≼34;d=-0,00344\*b^{2}+0,233\*b-1,286$$ | Nepublicēti REstore pētījuma dati |
|  | Sīksakņu biomasa, t ha⁻¹ | $$f=0,02\*c$$ | Neumann et al., 2019 |
|  | Sīksakņu biomasas atmirums, t ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$g=f\*1,22$$ | Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012 |
|  | Oglekļa saturs sīksaknēs, t t-1 | 0,5 | Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006 |
|  | Oglekļa ienese ar sīksaknēm, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$i=g\*h$$ | Neumann et al., 2019; Yuan, Chen, 2012; Lamlom, Savidge, 2003; IPCC, 2006 |
|  | Sīkkrūmu virszemes biomasa, kg ha⁻¹ | $j=(7,102+0,0004\*a^{2})^{2}-0,5$  | Muukkonen,Mäkipää, 2006 |
|  | Zālaugu virszemes biomasa, kg ha⁻¹ | $k=(20,58-0,423\*a+0,004\*a^{2}-0,00002\*a^{3})^{2}-0,5$  | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Sūnu virszemes biomasa, kg ha⁻¹ | $l=(13,555-0,056\*a)^{2}-0,5$  | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Ķērpju biomasa, kg ha⁻¹ | 0 | Muukkonen, Mäkipää, 2006 |
|  | Sīkkrūmu virszemes nobiru biomasa, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$n=j\*0,25$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Zālaugu virszemes atliekas, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$o=k\*1$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Sūnu virszemes biomasas atmirums, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$p=l\*0,33$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Ķērpju virszemes biomasas atmirums, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$q=m\*0,1$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006 |
|  | Kopējā zemsedzes augu biomasas ienese, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$r=n+o+p+q$$ | - |
|  | Zemsedzes augu pazemes biomasas ienese, kg ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$s=\frac{r\*100}{30}\*0,7$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005 |
|  | Oglekļa ienese ar augu virszemes atliekām, kg C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$t=r\*0,475$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; FAO, 2005 |
|  | Oglekļa ienese ar zemsedzes augu pazemes atliekām, kg C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$t=s\*0,475$$ | Muukkonen, Mäkipää, 2006; Muukkonen, 2006; Mälkönen, 1974; Havas, Kubin, 1983; Palviainen et al., 2005 |
|  | Kopējā oglekļa ienese ar zemsedzes auguatliekām, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$v=\frac{t+u}{1000}$$ | - |
|  | Kopējā oglekļa ienese ar nobirām, t C ha⁻¹ gadā⁻¹ | $$w=v+i+e$$ | - |
|  | Kopējais oglekļa uzkrājums zemsedzes biomasā, t C ha-1 gadā-1 | $$x=(j+k+l+m)\*0\frac{,7\*0,475}{1000}$$ | - |

Nedzīvās koksnes sadalīšanās radīto CO2 emisiju aprēķinā pieņem, ka lapkoku audzēs mineralizācijas laiks – 20 gadi, skujkoku audzēs – 40 gadi. Oglekļa uzkrājuma izmaiņu aprēķinam izmanto 16 un 17. Atmežotajā platībās sadalīšanās ignorē, tāpat kā SEG inventarizācijas ziņojumā pieņemot, ka oglekļa zudumi dzīvo augu biomasā, nedzīvajā koksnē, zemsedzes augos un zemsegā, kā arī 20% no augsnes oglekļa uzkrājuma transformē emisijās zemes izmantošanas maiņas gadā. Tāda pati pieeja izmantota SEG inventarizācijas ziņojumā.

|  |  |
| --- | --- |
| $$\begin{array}{c}DW\_{CO\_{2}}=\frac{DW\_{IN}^{1}+DW\_{ST}^{-1}}{Years}\\kur\\DW\_{CO\_{2}}-CO\_{2}emisijasnonedzīvāskoksnes,tonnasCO\_{2}ha^{-1};\\DW\_{IN}^{1}-CO\_{2}ienesearnedzīvokoksnikārtējāgadā,tonnasCO\_{2}ha^{-1};\\DW\_{ST}^{-1}-CO\_{2}uzkrājumsnedzīvajākoksnēiepriekšējāgadabeigās,tonnasCO\_{2}ha^{-1};\\Years-sadalīšanāsperiods(40gadiskujkokiemun20gadilapkokiem).\end{array}$$ | (16) |
| $$\begin{array}{c}DW\_{ST}^{1}=DW\_{IN}^{1}+DW\_{ST}^{-1}-DW\_{CO\_{2}}\\kur\\DW\_{ST}^{1}-oglekļauzkrājumsnedzīvajākoksnē,tonnasCO\_{2}ha^{-1};\\DW\_{IN}^{1}-CO\_{2}ienesearnedzīvokoksnikārtējāgadā,tonnasCO\_{2}ha^{-1};\\DW\_{ST}^{-1}-CO\_{2}uzkrājumsnedzīvajākoksnēiepriekšējāgadabeigās,tonnasCO\_{2}ha^{-1};\\DW\_{CO\_{2}}-CO\_{2}emisijasnonedzīvāskoksnesgadalaikā,tonnasCO\_{2}ha^{-1}.\end{array}$$ | (17) |

Oglekļa ienese ar koksnes produktiem nevērtē, jo saskaņā ar starptautisko vadlīniju prasībām atmežojamās platībās iegūtos koksnes produktus neuzskaita kā piesaisti.

# IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. Bārdule, A., Bāders, E., Stola, J., & Lazdiņš, A. (2009). Forest soil characteristic in Latvia according results of the demonstration project BioSoil (Latvijas meža augsņu īpašību raksturojums demontrācijas projekta BioSoil rezultātu skatījumā). *Mežzinātne | Forest Science*, *20 (53)*, 105–124.
2. Donis, J., Šņepsts, G., Zdors, L., & Šēnhofs, R. (2013). *Mežaudžu augšanas gaitas un pieauguma noteikšana izmantojot pārmērītos meža statistiskās inventarizācijas datus* (5.5.-5.1/000t/101/11/13; lpp. 73). LVMI Silava.
3. Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Kiyoto, T. (Red.). (2006). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Agriculture, Forestry and Other Land Use. No *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* (Sēj. 4, lpp. 678). Institute for Global Environmental Strategies (IGES).
4. Havas, P., & Kubin, E. (1983). Structure, growth and organic matter content in the vegetation cover of an old spruce forest in Northern Finland. *Annales Botanici Fennici*, *20*(2), 115–149.
5. Yuan, Z. Y., & Chen, H. Y. H. (2012). A global analysis of fine root production as affected by soil nitrogen and phosphorus. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, *279*(1743), 3796–3802. https://doi.org/10.1098/rspb.2012.0955
6. Lamlom, S. H., & Savidge, R. A. (2003). A reassessment of carbon content in wood: Variation within and between 41 North American species. *Biomass and Bioenergy*, *25*(4), 381–388. https://doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00033-3
7. Mälkönen, E. (1974). *Annual primary production and nutrient cycle in some scots pine stands*. [s.n.].
8. Ministry of Climate and Energy. (2023). *Latvia`s National Inventory Report. Greenhouse Gas Emissions in Latvia from 1990 to 2021 in Common Reporting Format (CRF)* (lpp. 489). Ministry of Environmental Protection and Regional Development of the Republic of Latvia. https://unfccc.int/documents/627724
9. Muukkonen, P. (2006). Forest inventory-based large-scale forest biomass and carbon budget assessment: New enhanced methods and use of remote sensing for verification. *Dissertationes Forestales*, *2006*(30). https://doi.org/10.14214/df.30
10. Muukkonen, P., & Mäkipä, R. (2006). Empirical-biomass models of understorey vegetation in boreal forests according to stand and site attributes. *Boreal Environment Research*, *11*.
11. Muukkonen, P., Mäkipää, R., Laiho, R., Minkkinen, K., Vasander, H., & Finér, L. (2006). Relationship between biomass and percentage cover in understorey vegetation of boreal coniferous forests. *Silva Fennica*, *40*(2). https://doi.org/10.14214/sf.340
12. Neumann, M., Ukonmaanaho, L., Johnson, J., Benham, S., Vesterdal, L., Novotný, R., Verstraeten, A., Lundin, L., Thimonier, A., Michopoulos, P., & Hasenauer, H. (2018). Quantifying Carbon and Nutrient Input From Litterfall in European Forests Using Field Observations and Modeling. *Global Biogeochemical Cycles*, *32*(5), 784–798. https://doi.org/10/gdjx6j
13. Palviainen, M., Finér, L., Mannerkoski, H., Piirainen, S., & Starr, M. (2005). Responses of ground vegetation species to clear-cutting in a boreal forest: Aboveground biomass and nutrient contents during the first 7 years. *Ecological Research*, *20*(6), 652–660. https://doi.org/10.1007/s11284-005-0078-1
1. ABG – virszemes biomasa; SB – stumbra biomasa; BB – zaru biomasa; BGB – pazemes biomasa; SRB – mazo sakņu biomasa. [↑](#footnote-ref-1)
2. Avoti: (Eggleston u.c., 2006; Havas & Kubin, 1983; Yuan & Chen, 2012; Lamlom & Savidge, 2003; Mälkönen, 1974; Muukkonen, 2006; Muukkonen u.c., 2006; Neumann u.c., 2018; Palviainen u.c., 2005) [↑](#footnote-ref-2)
3. Avoti: (Eggleston u.c., 2006; Havas & Kubin, 1983; Yuan & Chen, 2012; Lamlom & Savidge, 2003; Mälkönen, 1974; Muukkonen u.c., 2006; Neumann u.c., 2018; Palviainen u.c., 2005) [↑](#footnote-ref-3)
4. Avoti: (Havas & Kubin, 1983; Yuan & Chen, 2012; Lamlom & Savidge, 2003, 2003; Muukkonen, 2006; Muukkonen & Mäkipä, 2006; Neumann u.c., 2018; Palviainen u.c., 2005) [↑](#footnote-ref-4)