



KESKKONNAAGENTUUR

Maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektori sidumisvõimekuse analüüs kuni aastani 2050

KAUR metsaosakond
31.08.2021

Ettekande teemad

Ülevaade uuringust

Metsamaa

Puittooted ja asendusefekt

Põllumaad ja rohumaad

Märgalad

Täiendavate meetmete stsenaarium



KESKKONNAAGENTUUR

Ülevaade

Mati Valgepea
metsandusstatistika juhtivspetsialist
KAUR metsaosakond
31.08.2021

Taust

Tellija: Keskkonnaministeerium

Alus: Keskkonnaministri käskkiri nr 23.07.2020 nr 1–2/20/317

Uuringu eesmärk: analüüsida komplekselt maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (ingl k. *land use, land use change and forestry*, LULUCF) sektori CO₂ sidumisvõimaluste potentsiaali ja ulatust 2030. ja 2050. aasta kliimapoliitika eesmärkide täitmisel, arvestades sealjuures ka pikemaajalist perspektiivi (aastani 2100).

Töö autorid: Keskkonnaagentuur, Eesti Maaülikool

Konsulteriti: Riigimetsa Majandamise Keskus, AS Toftan, MTÜ Eesti Turbaliit, Tartu Ülikool, Keskkonnaministeerium, Maaeluministeerium, Tallinna Tehnikaülikooli

Sisukord

Mõisted ja lühendid

Sissejuhatus

1. Ülevaade LULUCFi sektorist

2. Metsamaa

3. Puittooted

4. Põllumaad ja rohumaad

5. Märgalad

6. Asendusefekt

7. Täiendavad meetmed

8. Kokkuvõte

LISAD

Lähtekohad

Kliimapoliitika põhialused aastani 2050

Uuringu lähteülesanne

Varasemad uuringud

Meetmete kirjeldamine (eriti heitkoguste ja KHG aruandluse vaatest)

Sotsiaal-majanduslike mõjude ja kulutõhususe hindamine

Meetmete sobivus ja teostatavus, mõju olulisus, uuringuvajadused

Meetmed

Grupeeritud LULUCFi kategooriatesse

Meetme mõju kirjeldamine

Võimalusel alternatiivsed stsenaariumid ja nende võrdlemine

Vajadusel alameetmed

Mõju hinnang netoheitele kümnendite keskmisena ja kumulatiivselt kuni aastani 2100. Sotsiaal-majanduslike mõjude hinnangud kuni aastani 2050.

1 täiendavate meetmete koondstsenaarium

KHG inventuuri LULUCF sektori jagunemine

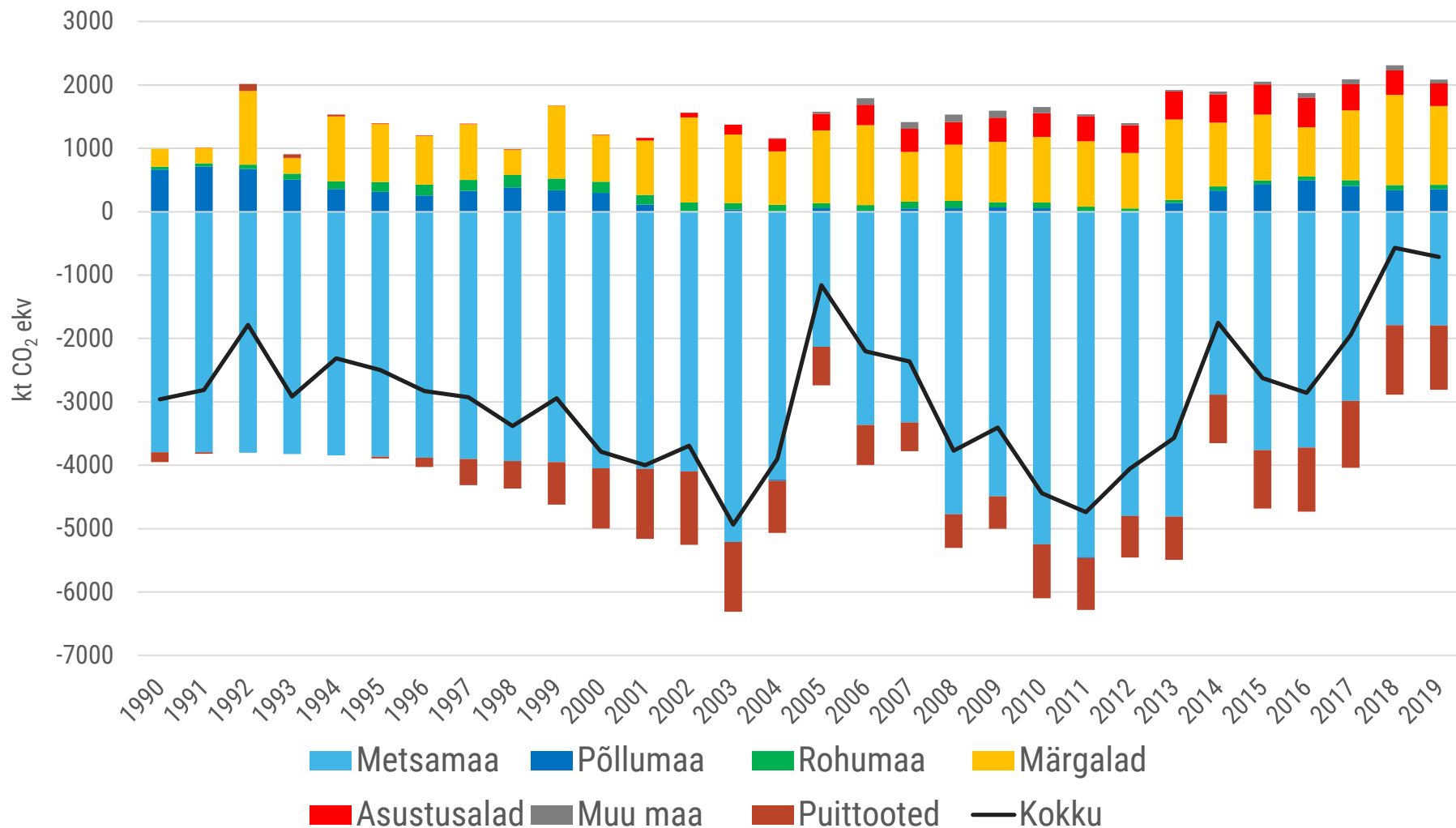
Alakategooria	Heide/sidumine		
4.A Metsamaa	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
4.B Põllumaa	CO ₂		N ₂ O
4.C Rohumaa	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
4.D Märgalad	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
4.E Asulad	CO ₂		N ₂ O
4.F Muu maa	CO ₂		N ₂ O
4.G Puittooted	CO ₂		

- C varu muutus elus ja surnud biomassis ning mullas (CO₂)
- Aiandusturba kaevandamine ja kasutamine (CO₂)
- Turvasmuldade kuivendamine (CH₄, N₂O)
- N mineraliseerumine ja leostumine mulla C varu vähenemise tõttu (N₂O)
- Biomassi põlengud (CH₄, N₂O)

Maakasutusmuutuste maatriks aastatel 1990-2019

LULUCF maa- kategooria	Maakasutusmuutused 1990. aasta algusest, kha						Kokku 2019. aastal
	Metsamaa	Põllumaa	Rohumaa	Märgalad	Asulad	Muu maa	
Metsamaa	2 336,64	38,54	46,47	9,68	7,77	11,05	2 450,14
Põllumaa	1,70	961,22	22,43	0,21	0,00	0,00	985,55
Rohumaa	8,55	46,44	217,05	0,95	1,75	1,24	275,98
Märgalad	3,23	0,00	0,60	418,63	1,45	0,00	423,90
Asulad	15,27	7,85	6,36	0,00	327,12	0,83	357,43
Muu maa	2,88	0,57	0,26	0,12	0,00	37,08	40,91
Kokku 1990. aastal	2 368,27	1 054,62	293,17	429,58	338,08	50,20	4 533,90
Muutus alates 1990-ndast	81,88	-69,07	-17,19	-5,68	19,35	-9,29	
Suhteline muutus (%)	3,5	-6,5	-5,9	-1,3	5,7	-18,5	

KHG inventuuri LULUCF sektori netoheide 1990.–2019. aastal, kt CO₂ ekv





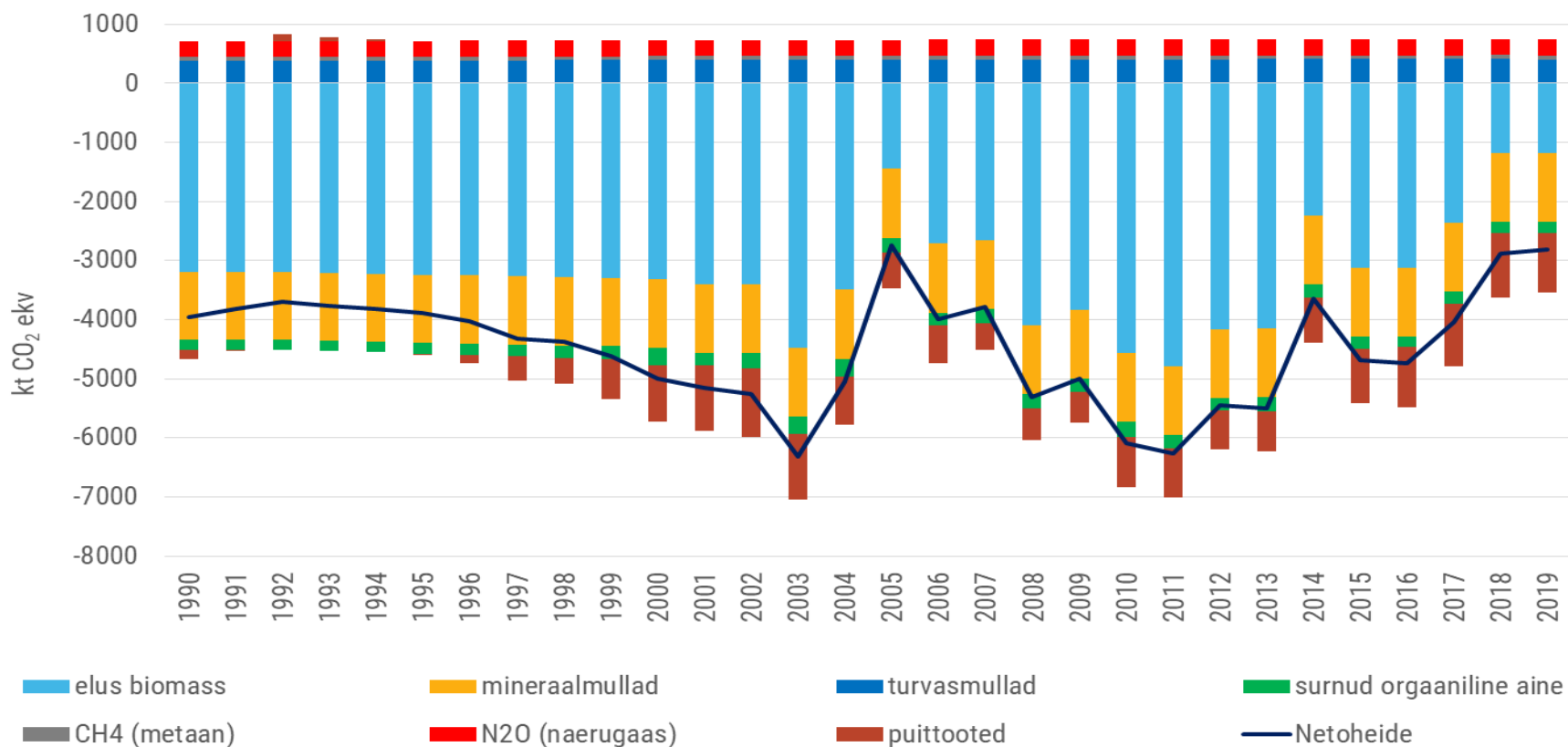
KESKKONNAAGENTUUR

Metsamaa

Mati Valgepea
metsandusstatistika juhtivspetsialist
KAUR metsaosakond
31.08.2021

Metsamaa

Metsamaa ja puittoodete kategooria KHG heitkogused 1990.–2019. aastal



2019. a metsamaa kogupindala: 2 450 kha
metsamaa kategooria netoheide: -1793 kt CO₂ ekv
puittoodete kategooria netoheide: -1015 kt CO₂ ekv

Raiestsenaariumid

Raie stsenaariumiteks

- 1) R1 – ühtlane kasutus (ühtlane puidukasutus kogu raieringi jooksul);
- 2) R2 – arvestuslank (ühtlane puidukasutus keskpikal perioodil);
- 3) R3 – küpsuslank (maksimaalne võimalik puidukasutus);
- 4) R4 – uuendusraie 5 miljonit m³ (vähendatud mahus ühtlane puidukasutus).

Raiestsenaariumite taustaks koostati teistele LULUCFi maakategooriatele üks stsenaarium:

- Põllumaa puhul eeldatakse tulevikus netoheite suurenemist,
- Märgalade kategoorias tekib KHG heide põhiliselt aiandusturba kaevandamisest ja kasutamisest ning turbatootmisalade pinnasest.
- Rohumaade, asulate ja muu maa kategooriates prognoositi heitkoguste jäämist viimaste aastate keskmisele tasemele.
- Asulate puhul arvestati lisaks ka Rail Balticu trassi raadamisest tekkiva heitega.

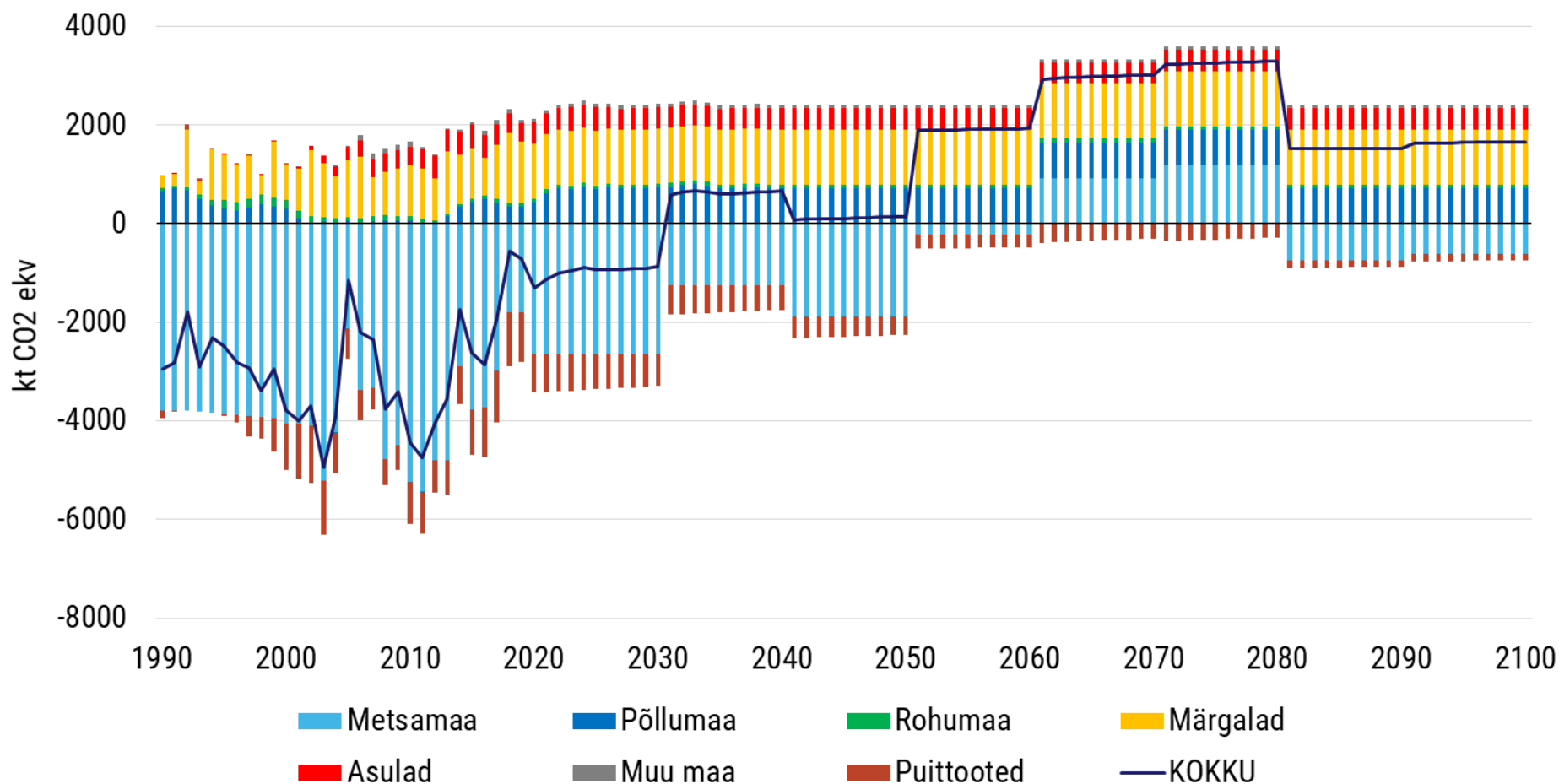
Raiestsenaariumi kirjeldus

Raied, kasvava metsa tagavara ning netoheide aastail 2021–2100 ühtlase kasutuse raiestsenaariumi korral

Periood	Raiete aastane						Tagavara, mln m ³			Netoheide*, kt CO ₂ ekv aastas		
	pindala, kha		maht, mln m ³				Rangelt kaitstav mets	Majandatav mets	Kokku	Metsamaa**	Puittooted	LULUCF***
	Uuendusraie	Harvendusraie	Uuendusraie	Harvendusraie	Sanitaarraie	Kokku						
2021–2030	26,6	28,0	8,2	1,6	0,5	10,3	78	403	481	-2 664	-694	-950
2031–2040	27,0	24,8	8,3	1,4	0,5	10,2	87	410	497	-1 255	-547	626
2041–2050	26,5	24,4	8,0	1,3	0,5	9,9	94	408	502	-1 897	-398	110
2051–2060	24,6	26,1	7,5	1,4	0,5	9,5	100	412	512	-230	-267	1 906
2061–2070	26,6	29,2	8,2	1,6	0,5	10,4	101	408	509	925	-350	2 977
2071–2080	26,9	31,5	8,4	1,8	0,5	10,7	99	398	497	1 181	-323	3 261
2081–2090	24,6	33,0	7,5	1,9	0,5	9,9	96	387	483	-743	-146	1 514
2091–2100	24,3	33,5	7,6	1,9	0,5	10,0	93	391	484	-615	-145	1 643
Kokku 21–50	800	772	245	44	15	304				-58 160	-16 390	-2 140
Keskmine 21–50	26,7	25,7	8,2	1,5	0,5	10,1	86	407	493	-1 939	-546	-71
Kokku 21–00	2 069	2 305	638	131	40	808				-52 980	-28 700	110 870
Keskmine 21–00	25,9	28,8	8,0	1,6	0,5	10,1	94	402	496	-662	-359	1 386

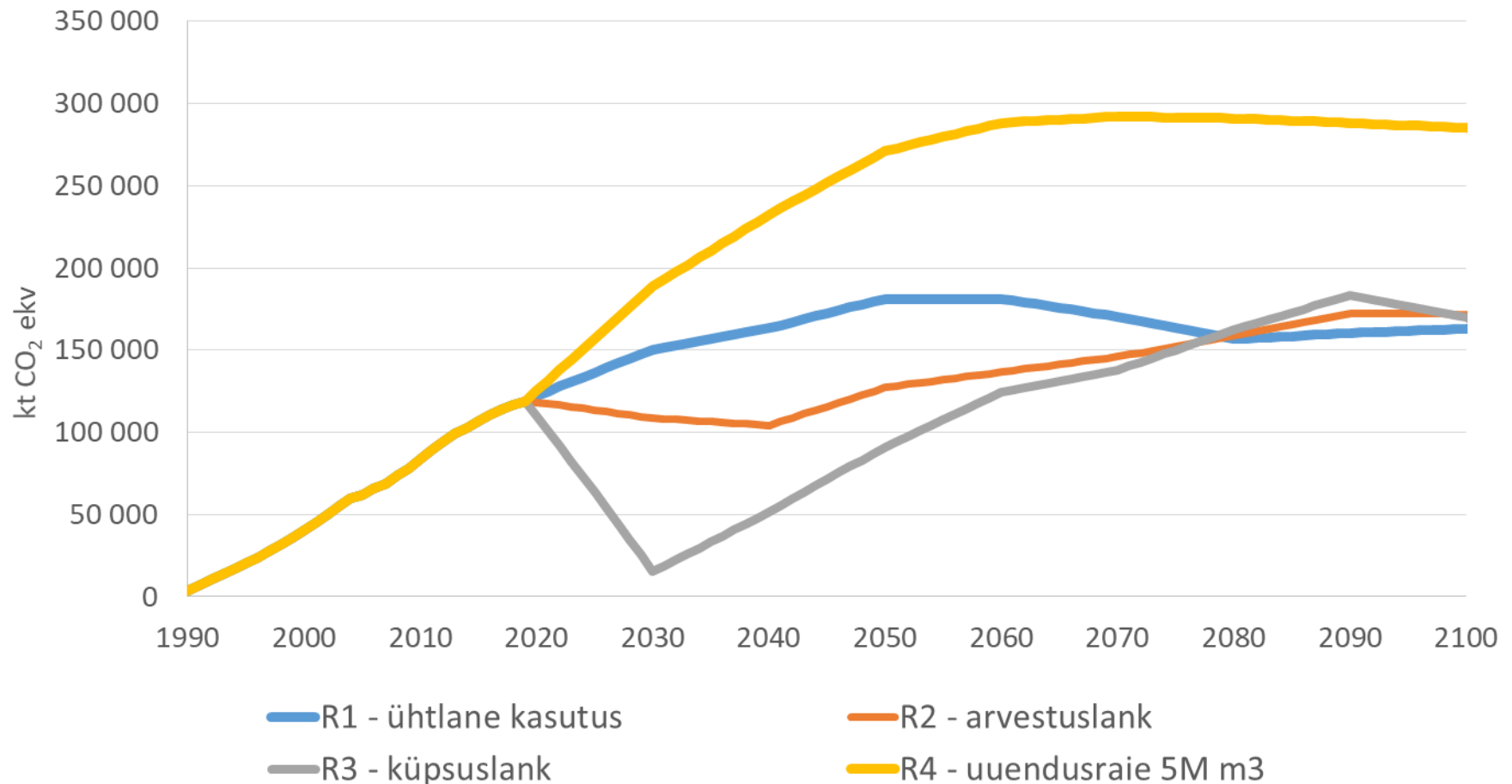
Raiestsenaariumi mõju netoheitele

Kasvuhoonegaaside heide ja sidumine LULUCFi sektoris raiestsenaariumi „R1 – ühtlane kasutus“ kohaselt perioodil 1990–2100 (kt CO₂ ekv)



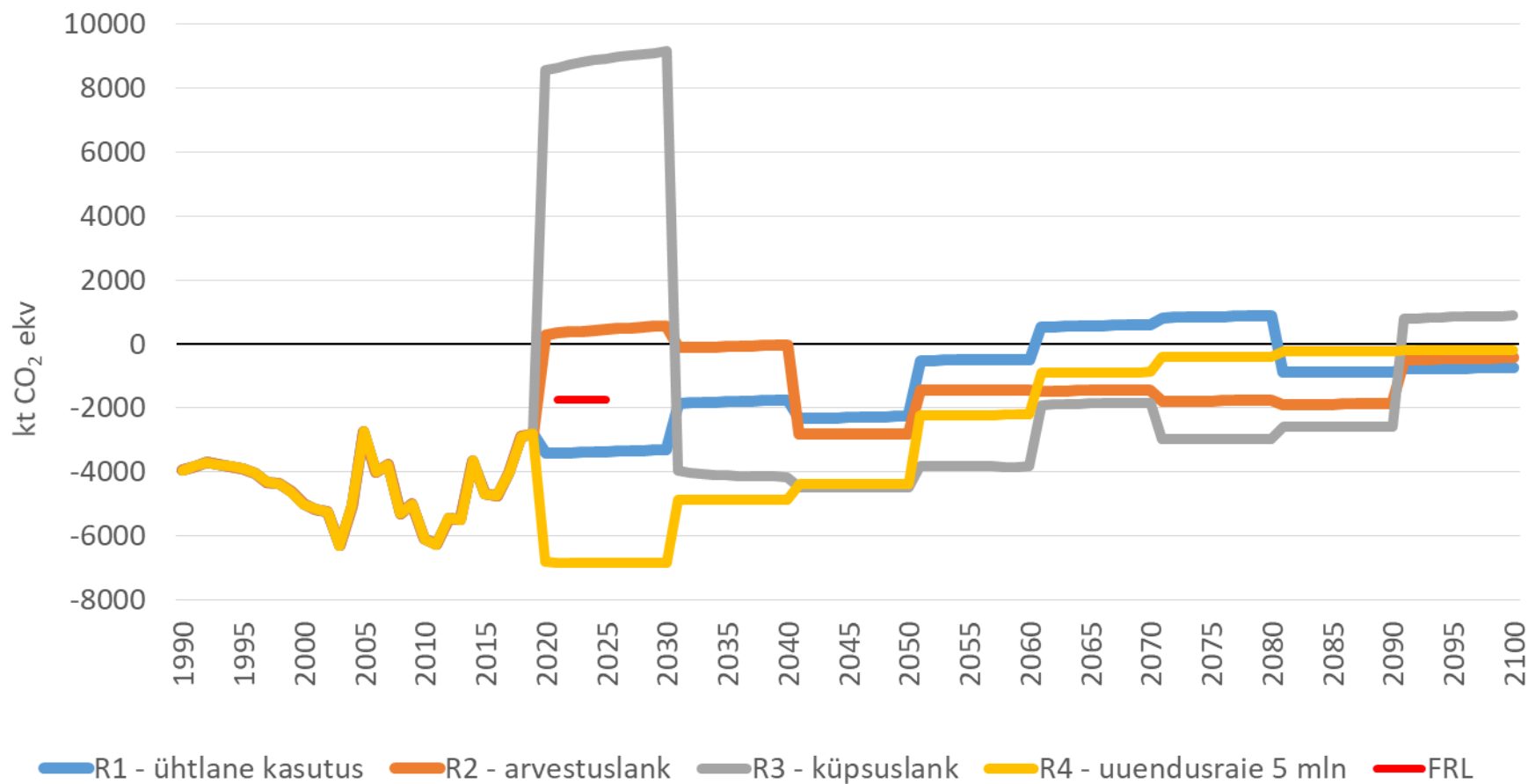
Raiestsenaariumid

Süsinikuvaru muutumine võrreldes 1990. aastaga puitse biomassis ja puittoodetes erinevate metsakasutuse stsenaariumite korral perioodil 1990–2100 (kt CO₂)



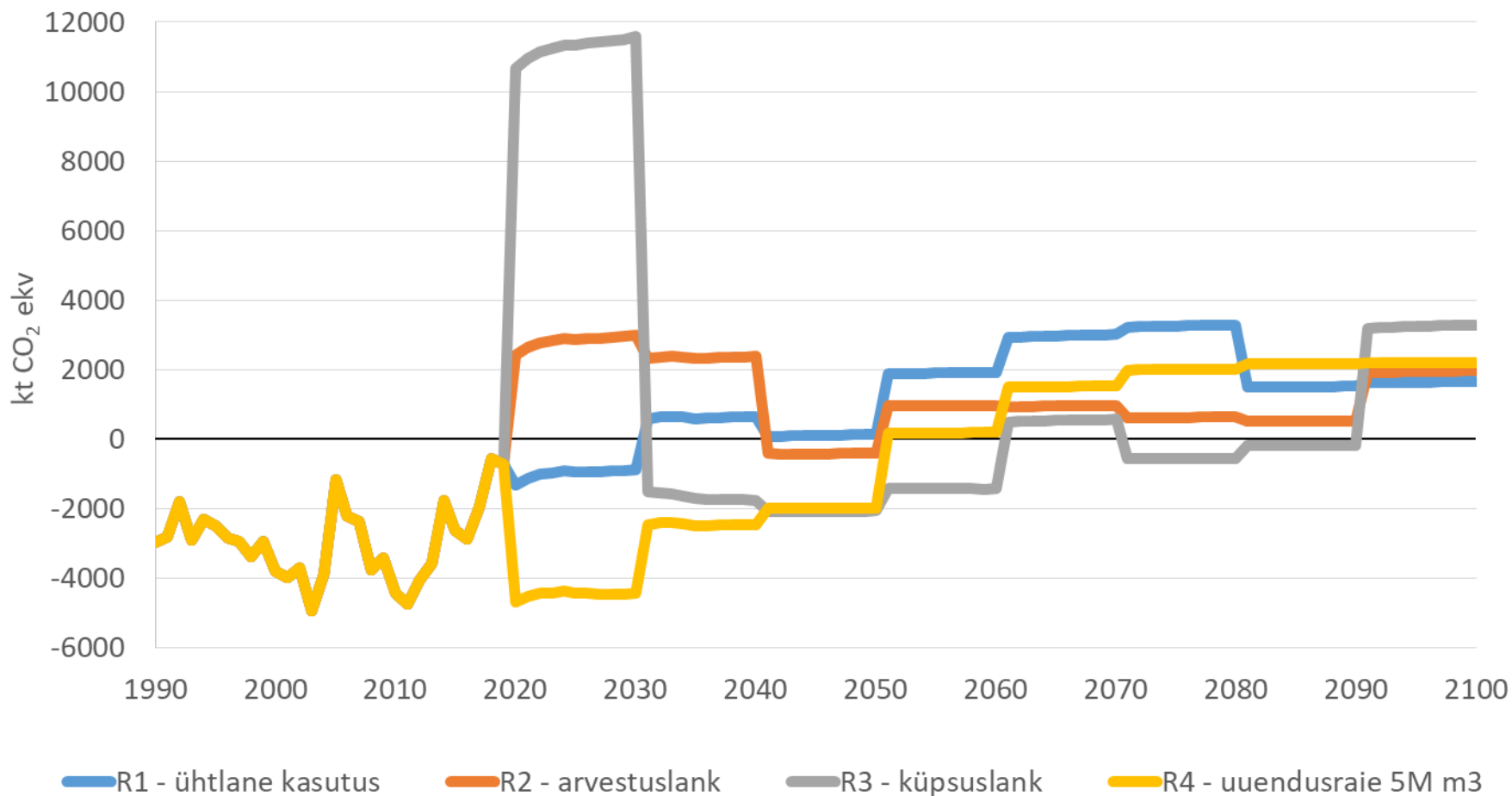
Raiestsenaariumid

Erinevate raiestsenaariumite võrdlus metsamaa heitkoguse võrdlustasemega (nii raiestsenaariumid kui FRL koos puittoodetega)



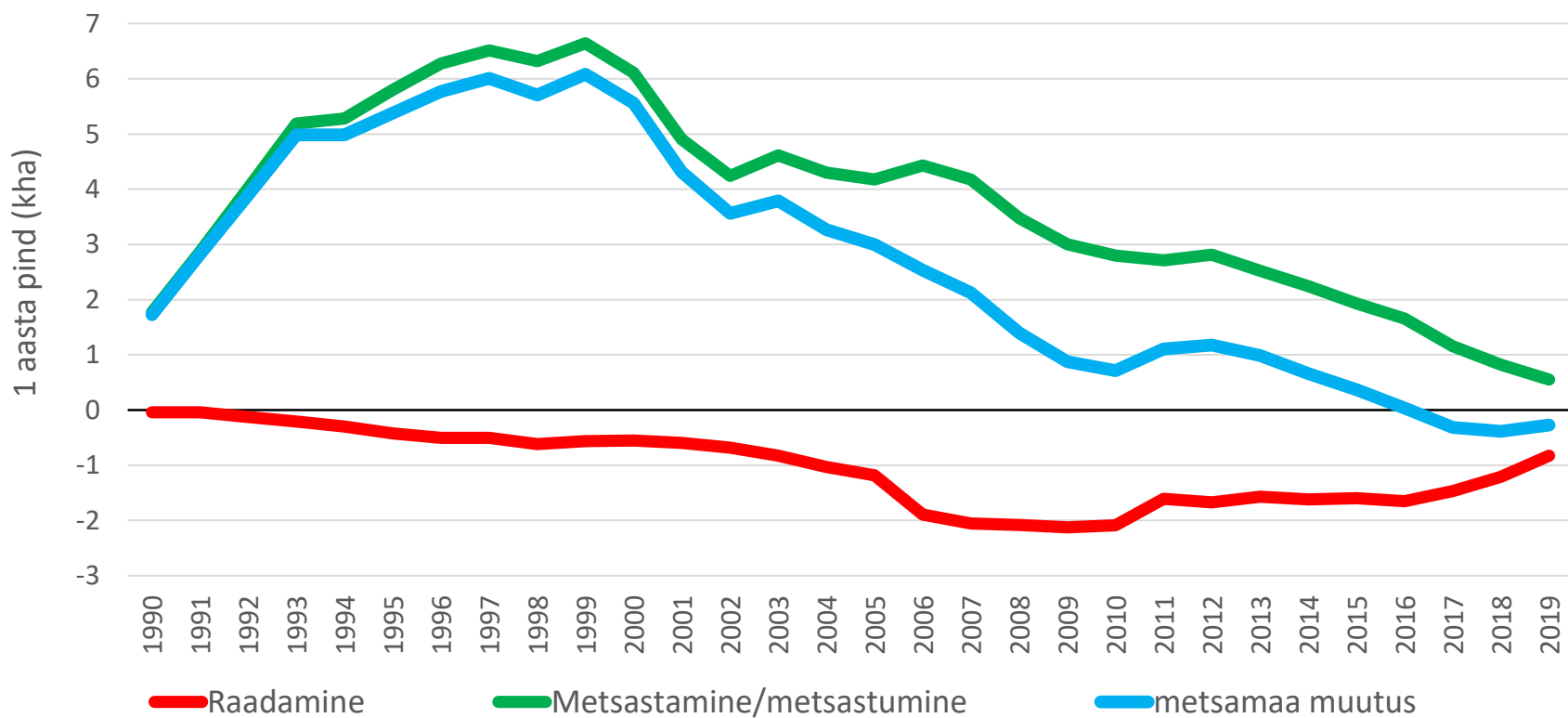
Raiestsenaariumid

Kasvuhoonegaaside netoheide LULUCFi sektoris erinevate raiestsenaariumite korral perioodil 1990–2100 (kt CO₂ ekv)



Metsamaa pindala

Metsamaa pindala muutumine (raadamine, metsastumine ja bilanss ha/a)
1990.–2019. aastal



Metsastamiseede

75 kha mittemetsamaa (rohumaad) metsastamine

2 stsenaariumi:

M1 – metsastamine 2500 ha aastas 30 aasta jooksul (2021–2050);

M2 – metsastamine 5000 ha aastas 15 aasta jooksul (2021–2035).

Metsastatava ala puuliigiliseks jaotuseks kavandati:

40% kuuse-,

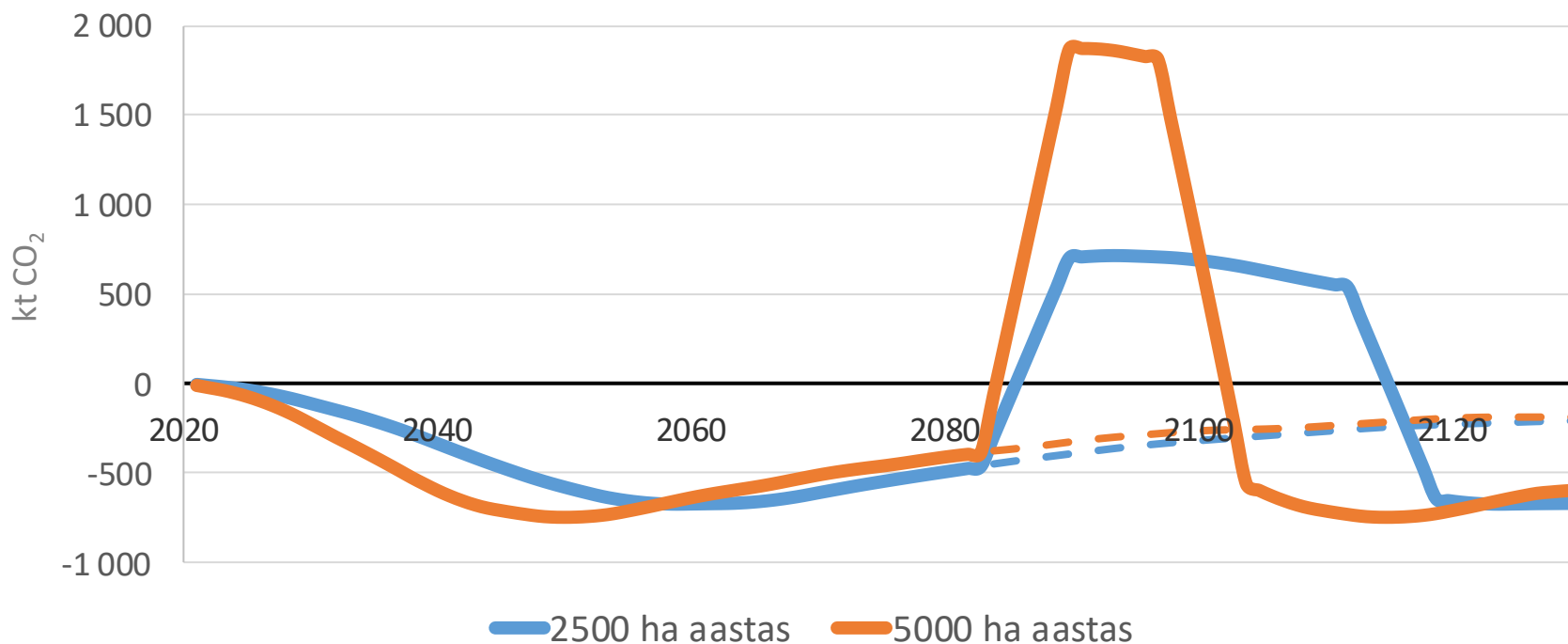
40% kase-,

20% männikultuure.

Metsastatud alad on üldjuhul kõrge boniteediga (Ia–II).

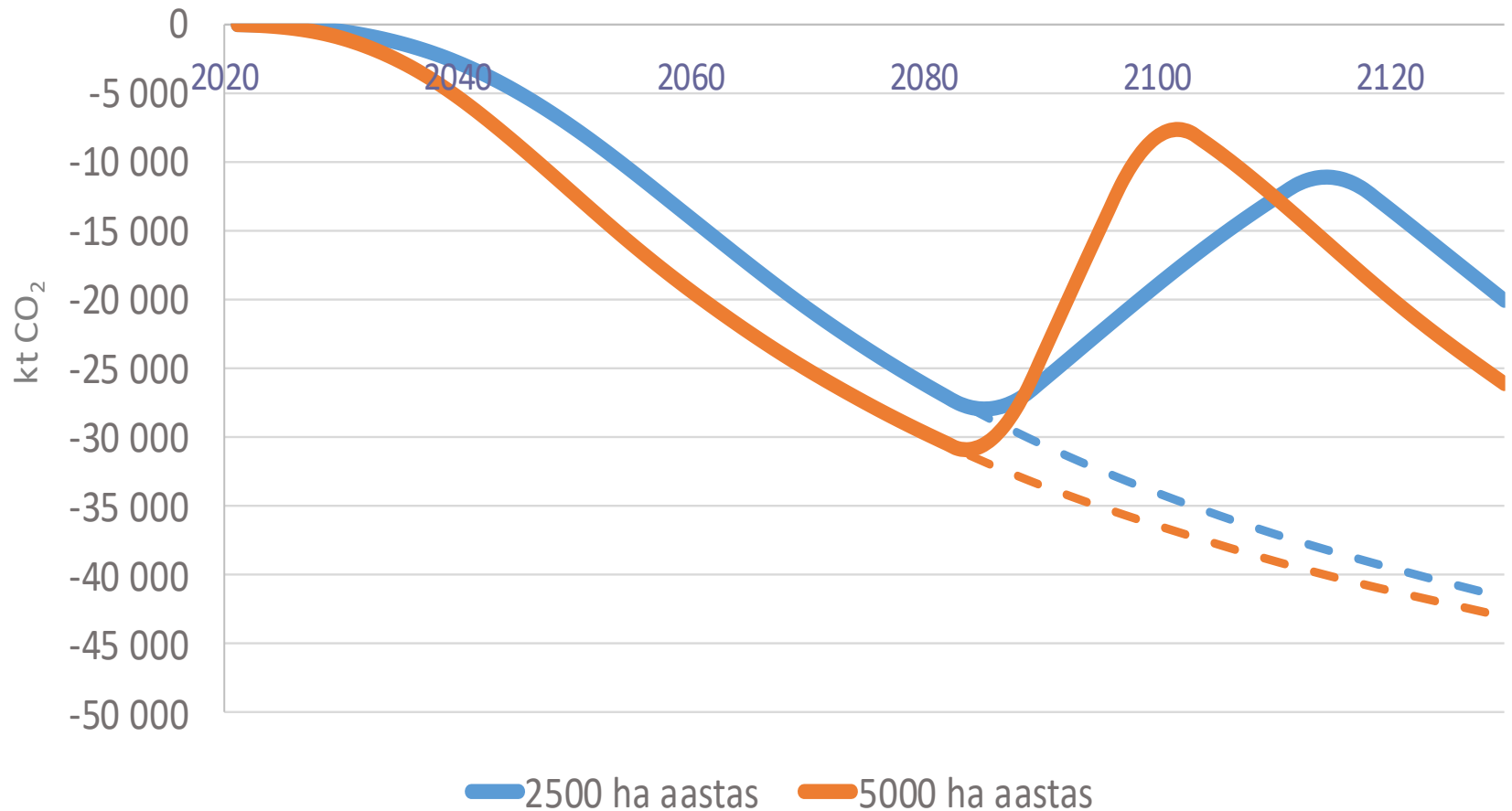
Metsastamismeede

Metsastamisprogrammi CO₂ sidumine (kt CO₂) (punktirjoon näitab ilma uuendusraieteta aegrida)



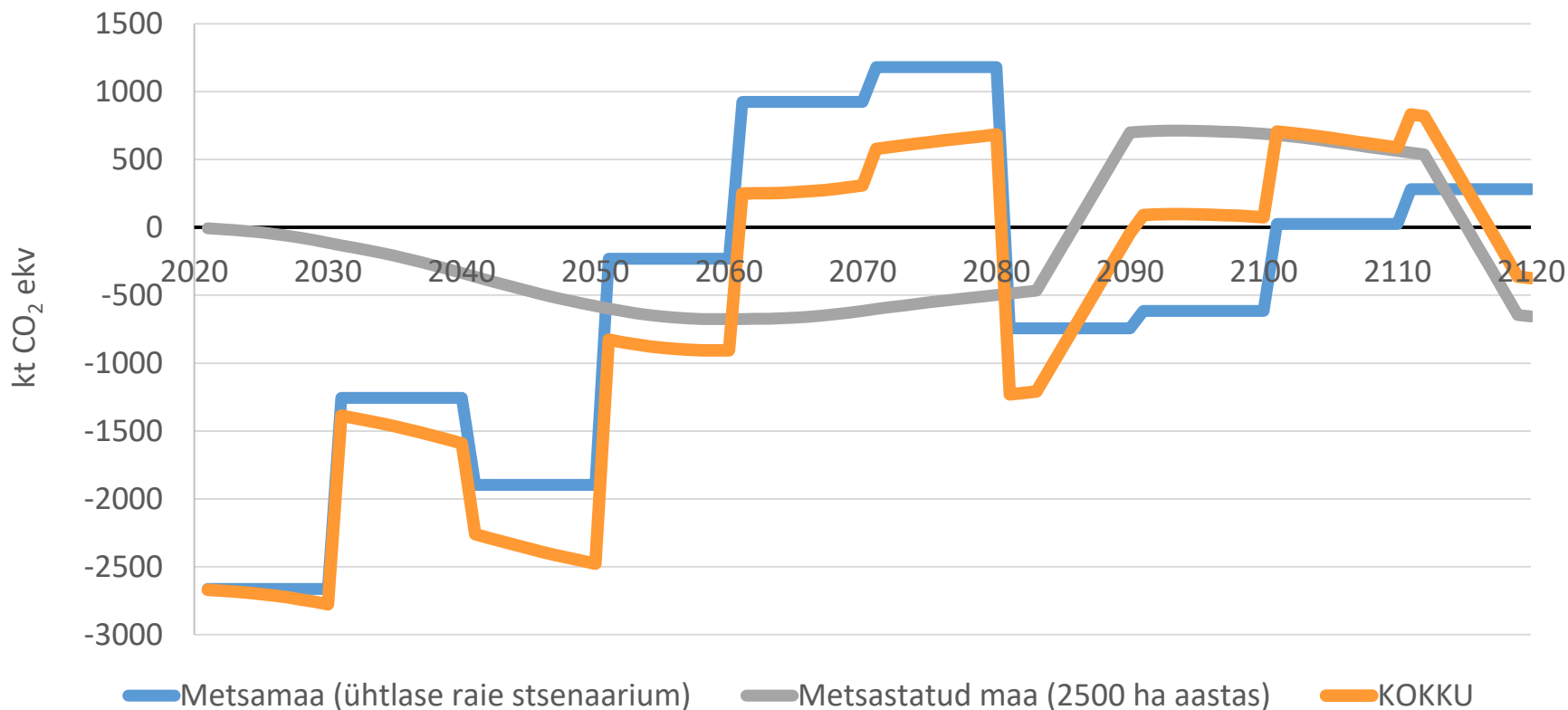
Metsastamismeede

Metsastatud alade CO₂ varu (kt CO₂)

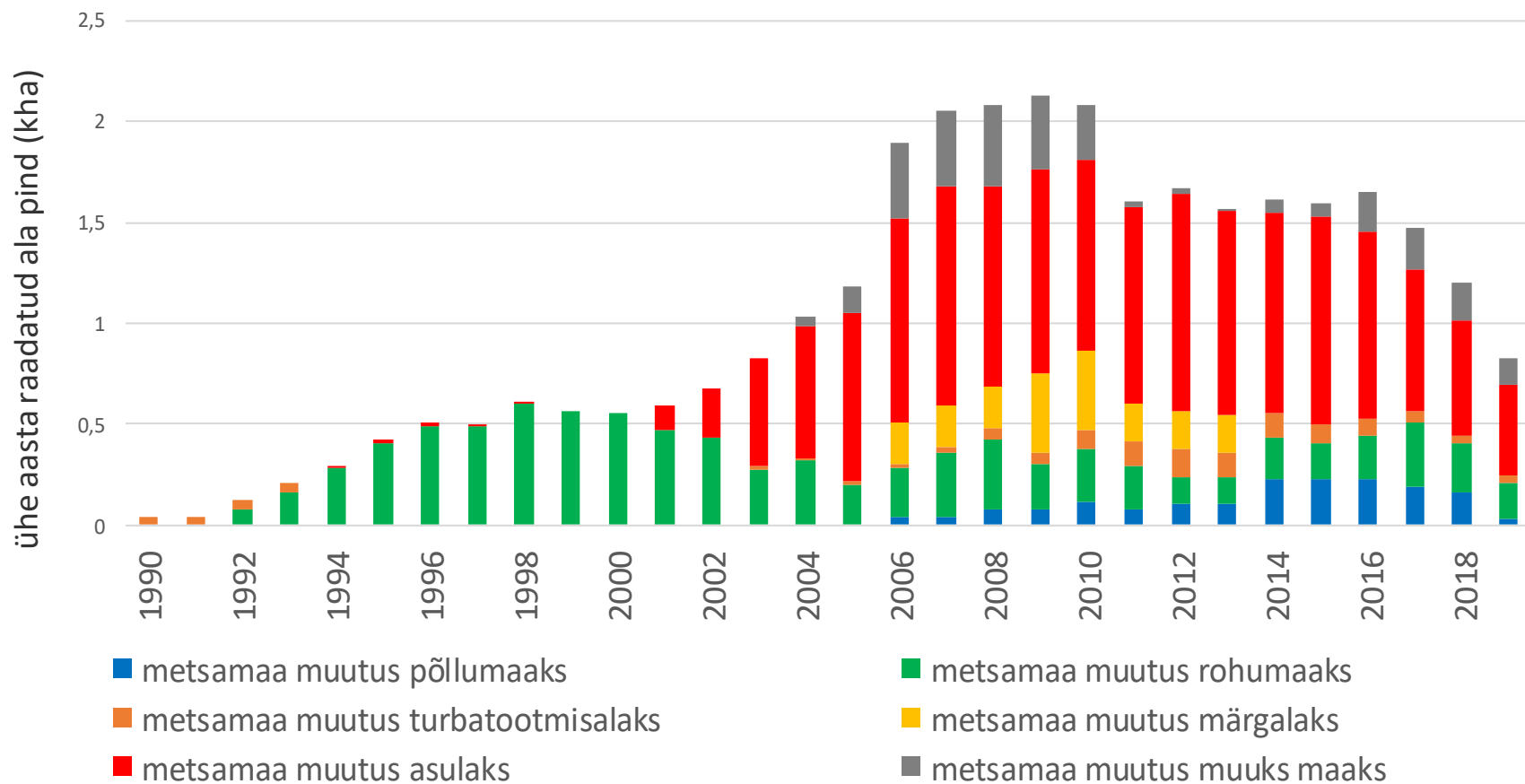


Metsastamismeede

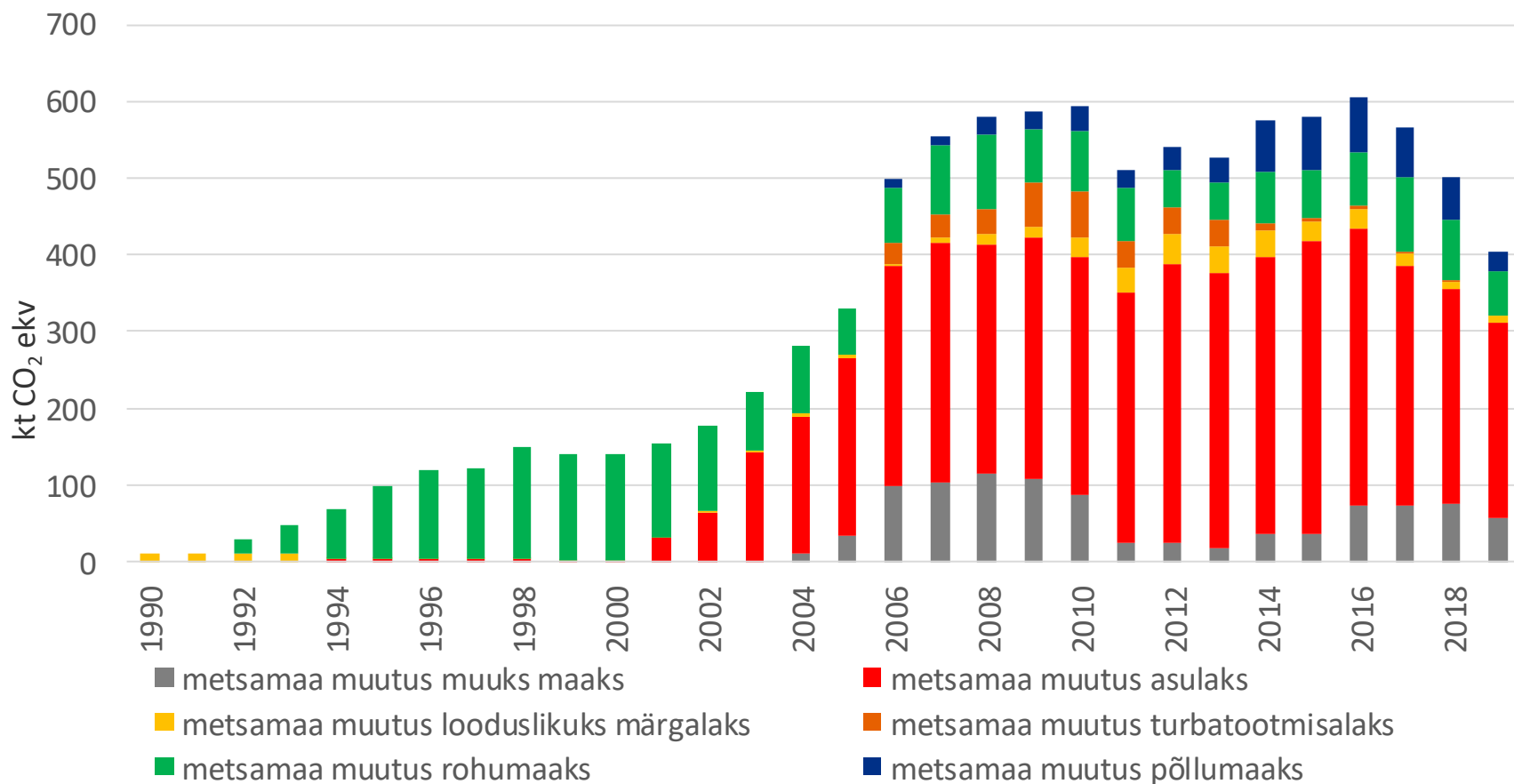
Metsastatud alade CO₂ sidumise mõju ühtlase raie stsenaariumile
(ilma puittoodeteta)



Raadatud metsamaa jaotus hilisema maakategooria järgi



Raadatud ala KHG aastane netoheide hilisema maakategooria järgi



Raadamine

Raadamisel on oluline ja pikaajaline mõju KHG heitele.

Soovitav on välja töötada raadamisest tulenevate heitkoguste kompensatsioonimehhanism.

Tulu võiks kasutada nt metsastamisprogrammi finantseerimiseks.

Raadamisele tekkiva täiendava heite kompenseerimise ühikuhinna alus võiks olla keskmine metsamaa hektaril seotud süsinikukogus.

Arvestades pikaajaliselt nii puitsesse biomassi kui ka mulda seotud süsiniku kadu ning võttes heitkoguse ühikuhinnaks 25 eur/CO₂ t tuleks 1 hektari raadamise hinnaks 7660 eurot.

Metsakasvatus - metsakultiveerimine

Metsa kultiveerimine, eriti viljakates kasvukohtades, suurendab metsa keskmist hektaritagavara ja kvaliteetpuidu väljatulekut ning sellega koos ka lisandväärtust.

- metsakultiveerimisel võidetakse ajaliselt, metsa kasvus tänu kontrollitud paljundusmaterjali kasutamisele ja puuliikide koosseisus tulenevalt tarbesortimentide suuremast väljatulekust;
- viljakates kasvukohatüüpides on metsakultiveerimine okaspuuenamusega puistute osakaalu säilimise eeldus;
- viljakate kasvukohtade küpsete okaspuu-kultuurpuistute hektaritagavara on veerandi võrra suurem kui looduslikult uuenenud okaspuupuistutes
- raieringi keskmisena on kultiveeritud okaspuupuistute tagavara ca 27 m³/ha suurem võrreldes looduslikult uuenenud puistutega

Ühtlase kasutuse raiestsenaariumi korral võiks erametsamaa kultiveerimise osakaalu lageraietest tõsta 10% võrra (1500 ha/a), mis eeldab teavitus- ja toetuskeemide jätkumist.

Metsakasvatus - metsakultiveerimine

Kultuur- ja looduslikult uuenenud küpsete puistute keskmine hektaritagavara (m^3/ha) enamkultiveeritud kasvukohatüüpides

Kasvukoha- tüüp	Enamus- puuliik	Hektaritagavara			
		Kultuur- puistu, m^3/ha	Looduslikult uuenenud puistu, m^3/ha	Erinevus, m^3	Suhteline erinevus, %
Jänesekapsa- mustika	KU	286	241	45	19
Jänesekapsa	KU	312	247	65	26
Sinilille	KU	260	202	58	28
Mustika	MA	316	250	66	26
Jänesekapsa- mustika	MA	326	266	60	22
Karusambla- mustika	MA	293	232	61	26
Keskmine				59	25

Metsakasvatus - harvendusraie

Harvendusraied ei suurenda puistute puiduvaru (biomassi) ja puudesse seotud süsiniku hulka.

Vahetult raie tegemise järel süsiniku sidumine väheneb, kuid puistu ei muutu süsiniku heitjaks.

Harvendusraied võimaldavad kasutada allajäänud ja surevate puude puitu puittoodetes.

Harvendusraied suurendavad uuendusraietelt saadavat kvaliteetpuidu osakaalu, mistõttu suureneb puidutulu võrreldes harvendamata puistuga ligikaudu viiendiku võrra.

Metsakasvatus - hõredate puistute ennakraie

Häiringute ja inimtegevuse tõttu hõredaks jäänud puistud moodustavad 10% keskealistest ja vanematest majandusmetsadest.

Hõredad puistud ei kasuta kogu kasvupotentsiaali, nende tagavara ja puitses biomassis seotud süsiniku kogus on madal ning juurdekasv ja süsiniku sidumise võime on võimalikust oluliselt väiksem.

Majandusmetsa hõredad keskealised ja valmivad puistud on soovitatav enne küpsusvanust raiuda.

Sellega tõstetakse pika perioodi keskmisena tagavara ning süsiniku seotust puitses biomassis, suurem on ka kallimate sortimentide osakaal uuendusraiel.

Metsakasvatus - hõredate puistute ennakraie

Normaalsete ja hõredate puistute hektaritagavara (m³/ha)

Enamus- puuliik	Keskealised		Valmivad		Küpsed	
	Norm	Hõre	Norm	Hõre	Norm	Hõre
Mänd	201	119	255	163	295	202
Kuusk	202	115	265	163	293	207
Kask	156	69	199	105	241	151
Haab	124	74	177	87	265	160
Sanglepp	175	68	213	89	242	127
Kokku	187	103	222	133	270	191

Hõredate puistute õigeaegsel raiumisel oleks hinnanguliseks võiduks metsa CO₂ sidumisel ca 1,8 t CO₂ /ha/a. Kui arvestada ka CO₂ sidumist puittoodetesse, siis oleks hinnanguliseks võiduks ca 1,9 t CO₂ /ha/a.

Konservatiivselt hinnates võiks tulevikus majandusmetsades kaotusest välditav olla umbes pool ehk ca 100 kt CO₂ aastas, mis tähendaks hõredate puistute ennakraiet ca 580 hektarit aastas

Metsakasvatus – kuivendamine

Kuivendamise tagajärjel suureneb metsade produktsioon, samas soodustab veetaseme alanemine turba lagunemist ning sellega seotud CO₂ ja N₂O heitkoguste kasvu.

Olenevalt kuivendatud ala ja sellel kasvava puistu iseloomust võivad kuivendatud metsad olla nii süsiniku sidujad kui ka emiteerijad. Üldiselt hinnatakse boreaalses vööndis kuivendamist kliimaatiliselt jätkusuutlikuks eelkõige toitainetevaestes kasvukohatüüpides.

Uuendusraiate planeerimisel ja uue metsapõlve puuliikide valikul tuleks kuivendatud aladel arvestada ka süsiniku sidumise aspektiga.

2020. aastal käivitus EL LIFE OrgBalt projekt, hinnatakse:

- heitkoguseid kuivendatud toitainerikastelt turvasmuldadelt;
- **meetmeid turvasmuldadel kasvavate metsade** heitkoguste vähendamiseks.

Eestis algavad 2021. aastal mõõtmised **siirdesoo ja raba baasil kujunenud kõdusoometsades**, et täpsustada kuivendatud metsamaa turvasmuldade KHG heitkoguseid ja mulla süsinikuvaru dünaamikat.



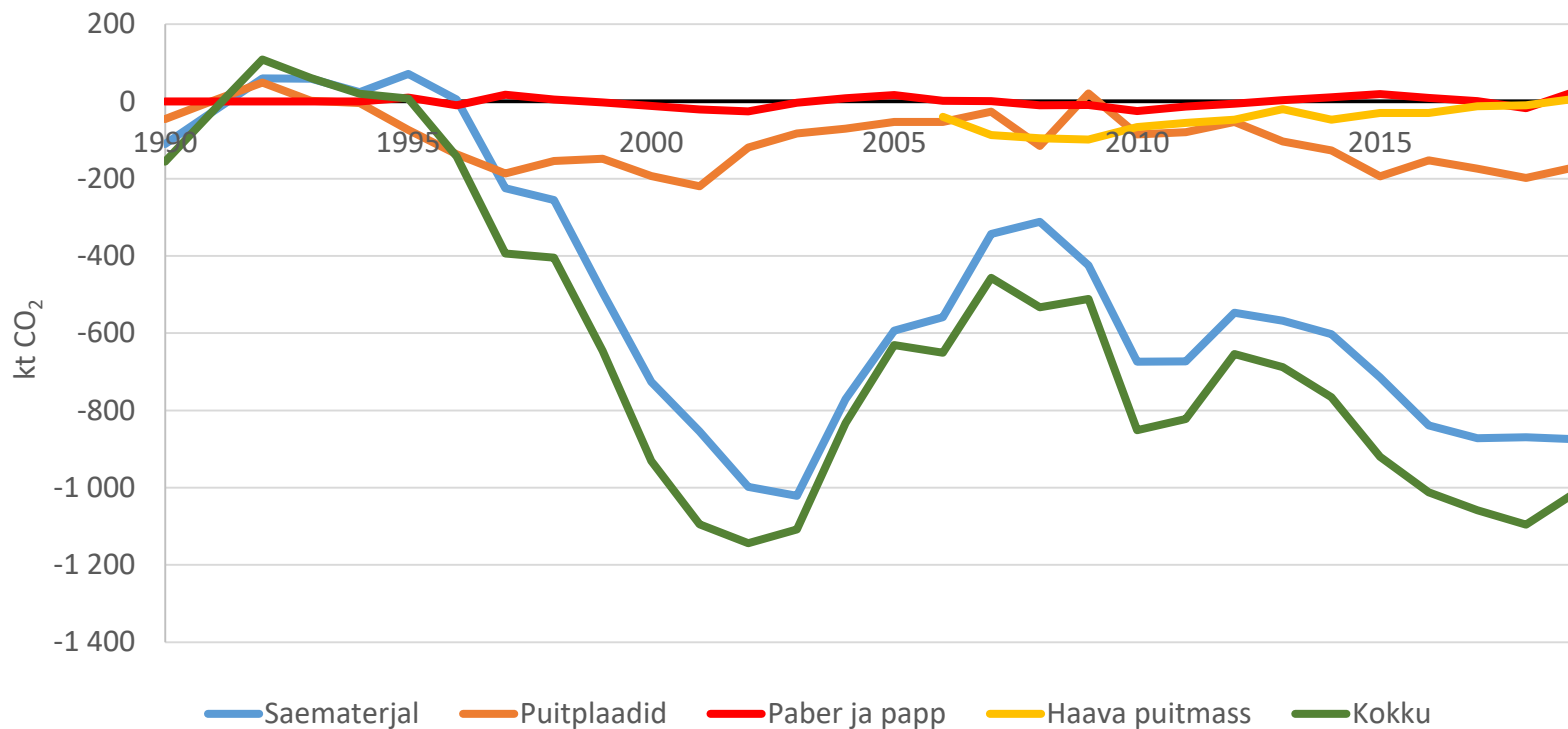
KESKKONNAAGENTUUR

Puittooted Asendusefekt

Madis Raudsaar
metsandusstatistika peaspetsialist
KAUR metsaosakond
31.08.2021

Puittooted - netoheide

Puittoodetesse süsiniku sidumine (kt CO₂) 1990.–2019. aastal

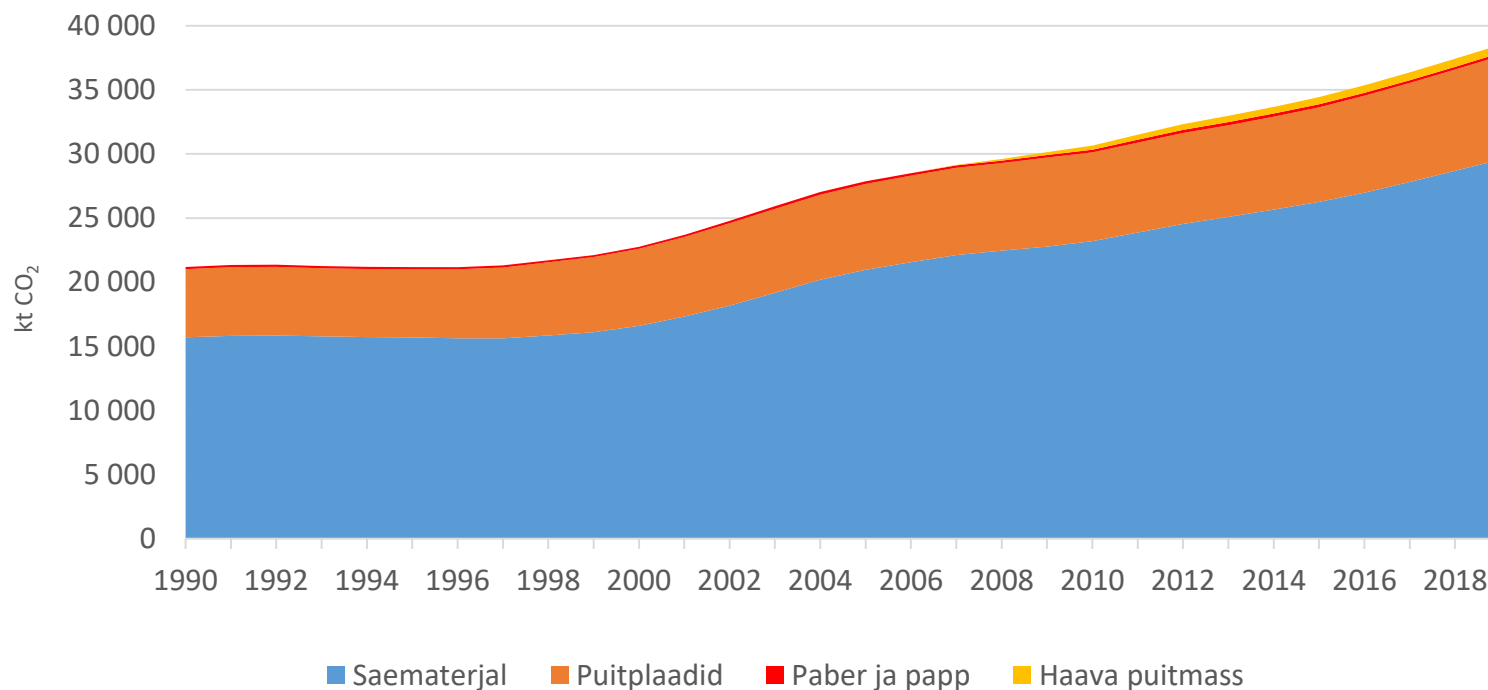


2019. a puittoodete kategooria netoheide: -1015 kt CO₂ ekv

Poollaguajad: paber ja papp (2 a)
puitplaadid (25 a)
saematerjal (35 a)

Puittooted – talletatud süsinik

Puittoodetesse seotud süsinik 1990.–2019. aastal (kt CO₂)



*IPCC metoodika eripära tõttu võib eeldada mõningast seotuse alahindamist esimesel kümnendil (1990–2000)

Talletatud süsiniku 2019. a seisuga:

saematerjal 76%, puitplaadid 21%, paber ja pabertooted 1%, puitmass 2%

Puittooted - eesmärgid

Pikemal perioodil on süsiniku sidumine puittoodetesse vaadeldav nullina, sest täiendav sidumine saab tulla:

- tootmiskahtude kasvust (eeldab suuremat raiemahtu),
- toodete struktuuri muutumisest (pikemaerialiste toodete osakaalu suurenemine)
- toodete eluea tõstmisest.

Eesmärgid meetmete kujundamisel:

- Eksporditava paberpuidu kasutamine Eestis
- Eksporditava hakke kasutamine Eestis
- Energiapuudu osakaalu vähendamine
- Pikema elueaga toodete tootmine
- Puittoodete eluea tõstmine

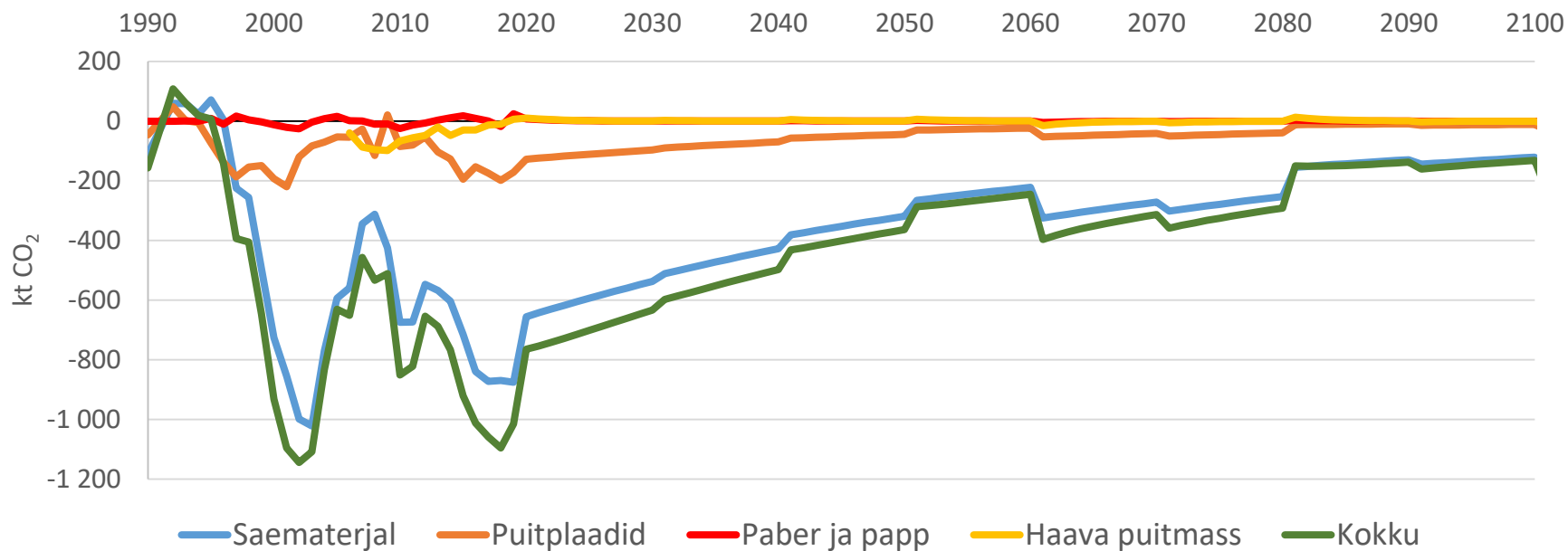
Puittooted - stsenaariumid

Käsitletud stsenaariumid on järgmised:

- **baasstsenaarium** (ühtlase kasutuse raiestsenaariumi järgi)
- **täiendav tselluloosi tootmine 1 miljonist m³ puidust** (paberipuidu ja puiduhakke eksport väheneb 1 miljoni m³ võrra)
- **täiendav tselluloosi tootmine 2 miljonist m³ puidust** (paberipuidu ja puiduhakke eksport väheneb 2 miljoni m³ võrra)
- **täiendav puitplaatide tootmine 0,5 miljonist m³ puidust** (puit pärineb paberipuidu ja puiduhakke ekspordist)
- **saematerjali tootmise kasv (+ 0,5 miljonit m³ palki)** (puit pärineb paberipuidu ekspordist)
- **saematerjali tootmise vähenemine (- 0,5 miljonit m³ palki)** (ülejääv puit eksporditakse paberipuuna)
- **saematerjali poollaguaja kasv +5 aastat**

Baasstsenaarium

Puittoodetesse süsiniku sidumine 1990.–2100. aastal (kt CO₂)
(baas- ehk ühtlase kasutuse raiestsenaarium)

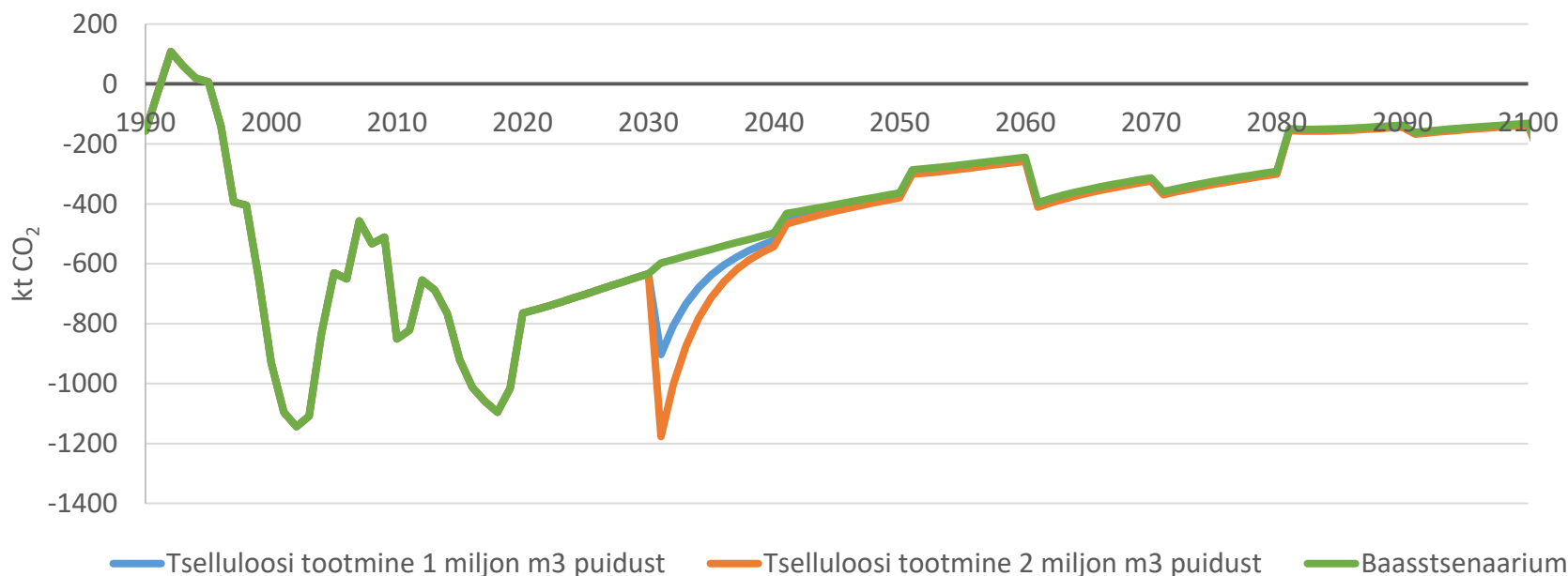


2015.–2019. süsiniku aastane sidumine puittoodetesse:
saematerjal 82%, puitplaadid 17%, paber, pabertooted ja puitmass 1%

2015.–2019. süsiniku aastane sidumine puittoodetesse (lagunemist arvestamata):
saematerjal 67%, puitplaadid 19%, paber, pabertooted ja puitmass 14%

Puittooted – puidu rafineerimistehas

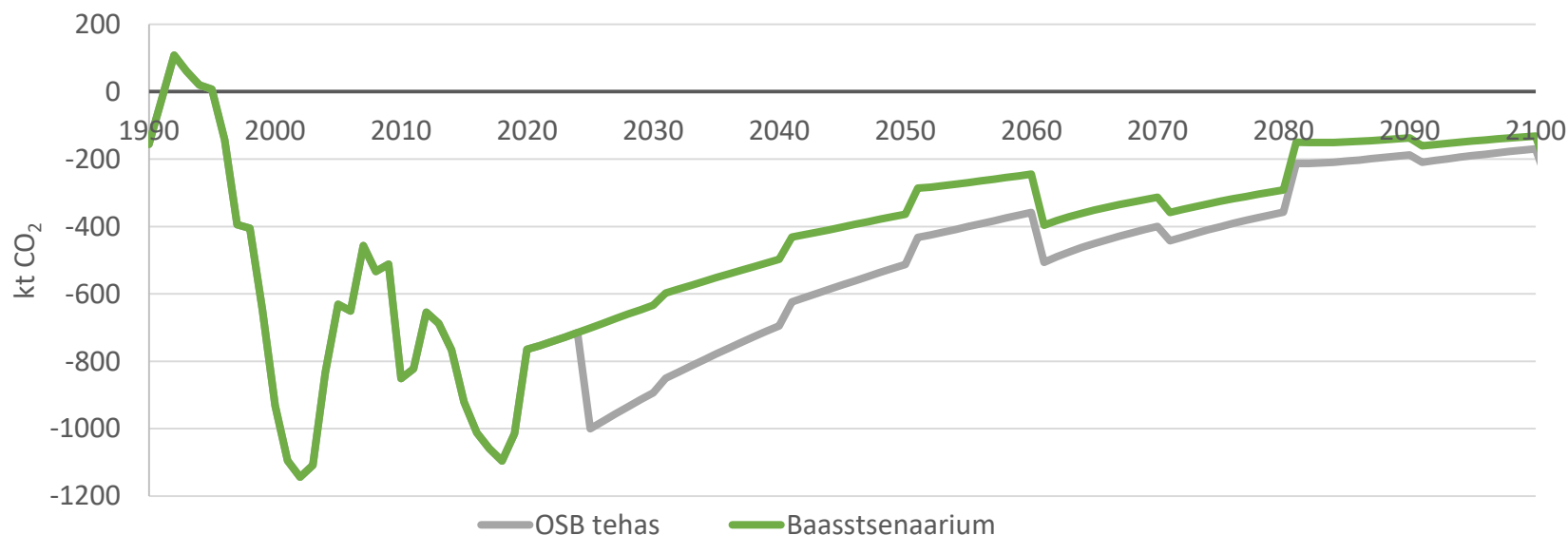
Puittoodetesse süsiniku sidumine 1990.–2100. aastal (kt CO₂) (stsenaarium PT0–BAU, PT1–Cel+1M ja PT2–Cel+2M)



- Tehas käivitaks 2031. aastal
- 2 miljoni m³ puidu kasutamisel toodanguks ca 420 000 t tselluloosi
- Oluline mõju netosidumisele ca 10 aastat, ca 200 kt CO₂ aastas
- 2 miljoni m³ puidu keemilise töötlemise korral otseseks lisandväärtuseks 89–113 miljonit eurot, koos kaudse lisandväärtusega 148–188 mln eurot aastas
- 2050. aastaks kasvas Eestis toodetud puittoodetes seotud süsiniku kogust võrreldes baasstsenaariumiga 4%

Puittooted – plaaditootmine

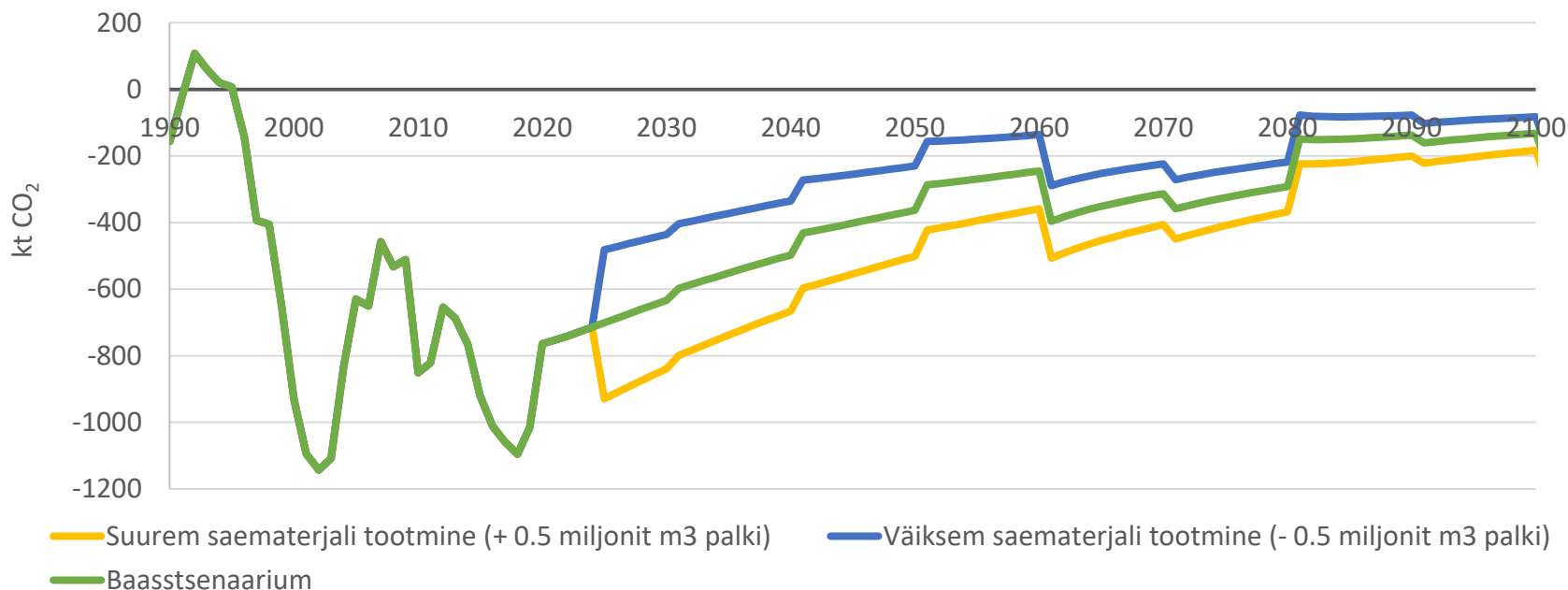
Puittoodetesse CO₂ sidumine 1990.–2100. aastal (kt CO₂) (stsenaarium PT0–BAU ja PT3–Board+0,5M)



- OSB tehas käivituks 2025. aastal, toormeks 0,5 miljonit m³ puitu
- Seni on puitplaatide toormena kasutatud ca 1 miljonit m³ puitu
- Kümne aasta jooksul oleks täiendav sidumine ca 250 kt CO₂ aastas
- Potentsiaalseks täiendavaks toormeks paberipuit ja saetööstuste jäägid
- Probleemiks suur konkurents puitlaastplaatide turul
- Täiendav lisandväärtus 9 miljonit eurot aastas
- 2050. aastaks kasvaks Eestis toodetud puittoodetes seotud süsiniku kogus võrreldes baasstsenaariumiga 10%

Puittooted – saematerjali tootmine

Puittoodetesse süsiniku sidumine 1990.–2100. aastal (kt CO₂) (stsenaarium PT0–BAU, PT4–SW+0,5M ja PT5–SW-0,5M)



- Tehas(ed) käivituks 2025. aastal, toormeks 0,5 mil m3 puitu
- Potentsiaalseks täiendavaks toormeks seni paberipuiduna eksporditud peenem materjal ja ka lehtpuu
- Saematerjali tootmiseks kasutatakse praegu eelkõige okaspuud (lehtpuu saematerjali tootmise osakaal on alla 10%),
- Kümne aasta jooksul oleks täiendav sidumine ca 250 kt CO₂ aastas
- Täiendav lisandväärtus 8 miljonit eurot aastas
- 2050. aastaks kasvaks Eestis toodetud puittoodetes seotud süsiniku kogust võrreldes baasstsenaariumiga 8%

Asendusefekt

Puidu kasutamine suure süsiniku jalajäljega materjalide (nt betoon, metall, tekstiilid) ja kütuste asemel.

Oluline on tõsta süsiniku koguhulka, mis on seotud metsa biomassi, metsa mulda ja puittoodetesse, ning samal ajal arvestada ka asendusefektiga.

Asendusefekt võimendub ajas.

Asendusefekti hindamisel tuleks arvestada materjalide kogu eluea heidet (sh tootmine, transport, taaskasutus ja jäätmekäitlus)

Puudub ühtne arvutusmetoodika.

Näiteks 2019. aastal sidusid Euroopa Liidu (EL27 + ÜK) metsad	358 Mt CO ₂ ekv,
millele lisandus puittoodetesse seotud kogus	41 Mt CO ₂ ekv,
hinnangud asendusefekti mõjule jäävad vahemikku	40–400 Mt CO ₂ ekv.

Asendusefekt

Asendusefekti mõju hindamiseks leitakse asendusfaktorid

$$SF = \frac{GHG_{non-wood} - GHG_{wood}}{WU_{wood} - WU_{non-wood}}$$

$GHG_{non-wood}$ ja GHG_{wood} on kasvuhoonegaaside emissioonid puitsetel ja mittepuitsetel alternatiividel.

WU_{wood} ja $WU_{non-wood}$ on kasutatud puidu kogus puitsetel ja mittepuitsetel alternatiividel.

Asendusfaktor on ühikuta suhtarv, kõik valemi sisendid on teisendatud süsiniku ekvivalendiks.

Keskmised asendusfaktori hinnangud teaduskirjanduse põhjal

Allikas	Aasta	Asendusfaktor	Asendusfaktori detailsem jaotus
Rüther jt, Sathre, O'Connor 2010 põhjal	2016	2,1	–
Seppälä jt	2019	1,1	–
Leskinen jt	2018	1,2	1,3 konstruktsioonielemendid
			1,6 mittestruktuursed konstruktsioonielemendid
			2,8 tekstiilid
			1–1,5 muu (kemikaalid, mööbel, pakend)
Knauf jt	2015	1,5	1,30–2,40 konstruktsioonielemendid
			1,10–1,62 mittestruktuursed konstruktsioonielemendid
			1,66–1,62 mööbel
			1,35–1,62 muu

Asendusefekt

Kliimaaruandlus asendusefekti otseselt ei hõlma. Eeldades ülemaailmset ühtset raporteerimist, peaks mõju olema kaudselt arvestatud teistes sektorites, näiteks väiksemad heited terase, plastiku või tsemendi tootmises.

Arvestades puittoodete panust ainult praeguse kliimaaruandluse ja LULUCFi reeglitest lähtuvalt, jääb tähelepanuta nende tegelik panus kliimamuutuste leevendamisel.

Metsasektori kogumõju (metoodika - Holmgren 2020):

	2018 EL (27 + 3)	2019 Eesti*
Mets	-406 Mt CO ₂ ekv	-1,8 Mt CO ₂ ekv
Puittooted	-41 Mt CO ₂ ekv	-1,0 Mt CO ₂
Puittooted ja puiduenergia hoidis heidet ära	-410 Mt CO ₂ ekv	-4,8 Mt CO ₂ ekv
Metsasektori põhjustatud fossiilne heide	51 Mt CO ₂ ekv	...

* Arvutatud vastavalt Holmgren 2020 metoodikale Keskkonnaagentuuri poolt

Puitkütus koostootmisjaamades

Metsasektor on LULUCFi ülene.

Eestist eksporditavast puidust üle 3 miljoni m³ leiab otsest kasutust energeetikasektoris.

Koostootmisjaamad on kõrge kasuteguriga.

Töös võrreldi puitkütuste baasil koostootmisel toodetava elektri ja põlevkivist sama elektrikoguse tootmist. Analüüsil ei arvestatud soojuste asendamisega.

Koostootmisjaamade esmaseks potentsiaal on kohad, kus seni toimub soojatootmine põlevkivitööstusega kaasneva heitsoojusega ning lähedal on piisav soojusenergia tarbimisvajadus (Narva, Kohtla-Järve, Ahtme-Jõhvi ja Sillamäe)

Narva, Kohtla-Järve, Ahtme-Jõhvi ja Sillamäe soojavajaduse saab katta ca 450 000 m³ puiduga, tootes samal ajal elektrienergiat 292 GWh ning vähendades võrreldes põlevkivist elektritootmisega CO₂ heidet 259 kt

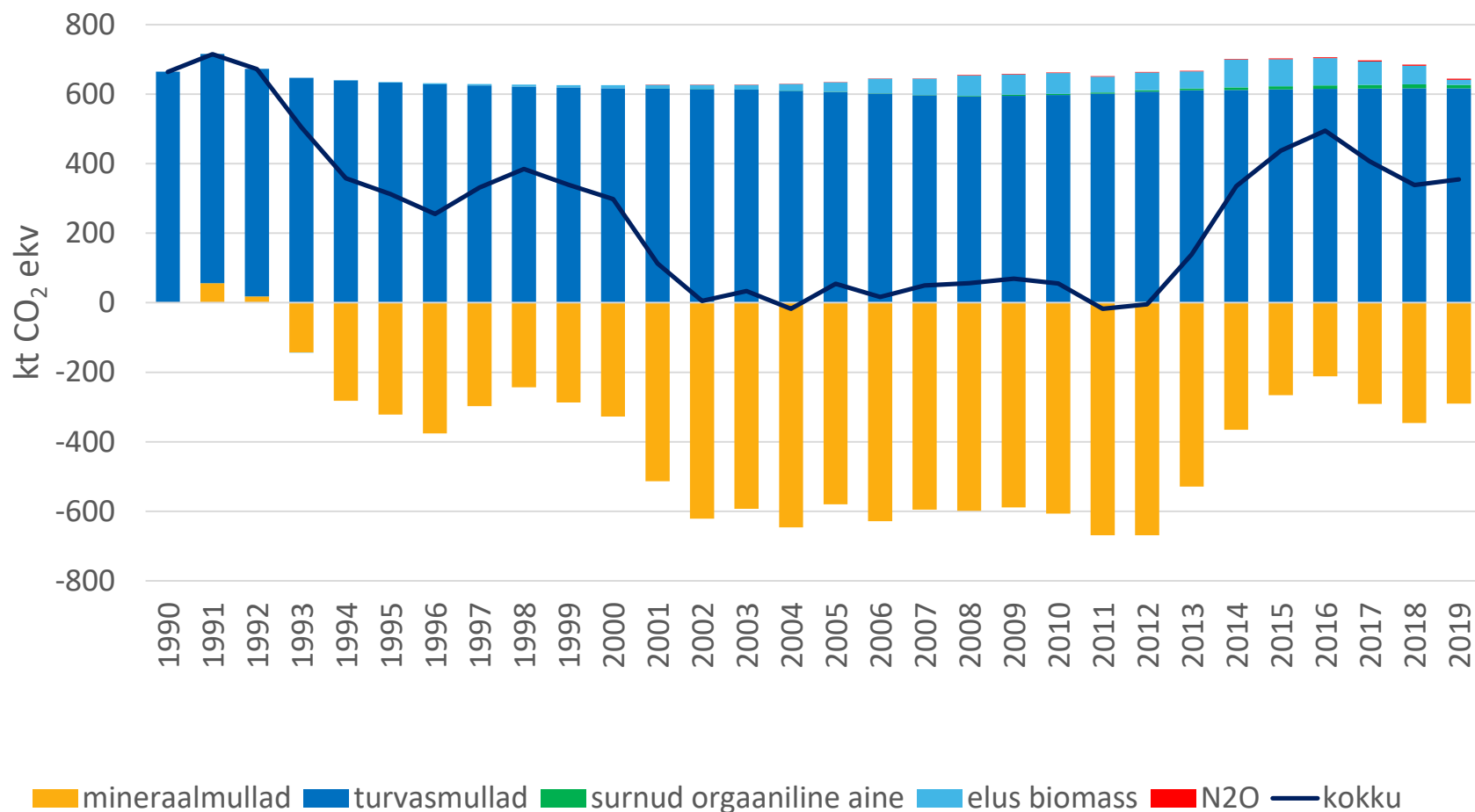


KESKKONNAAGENTUUR

Põllumaad ja rohumaad

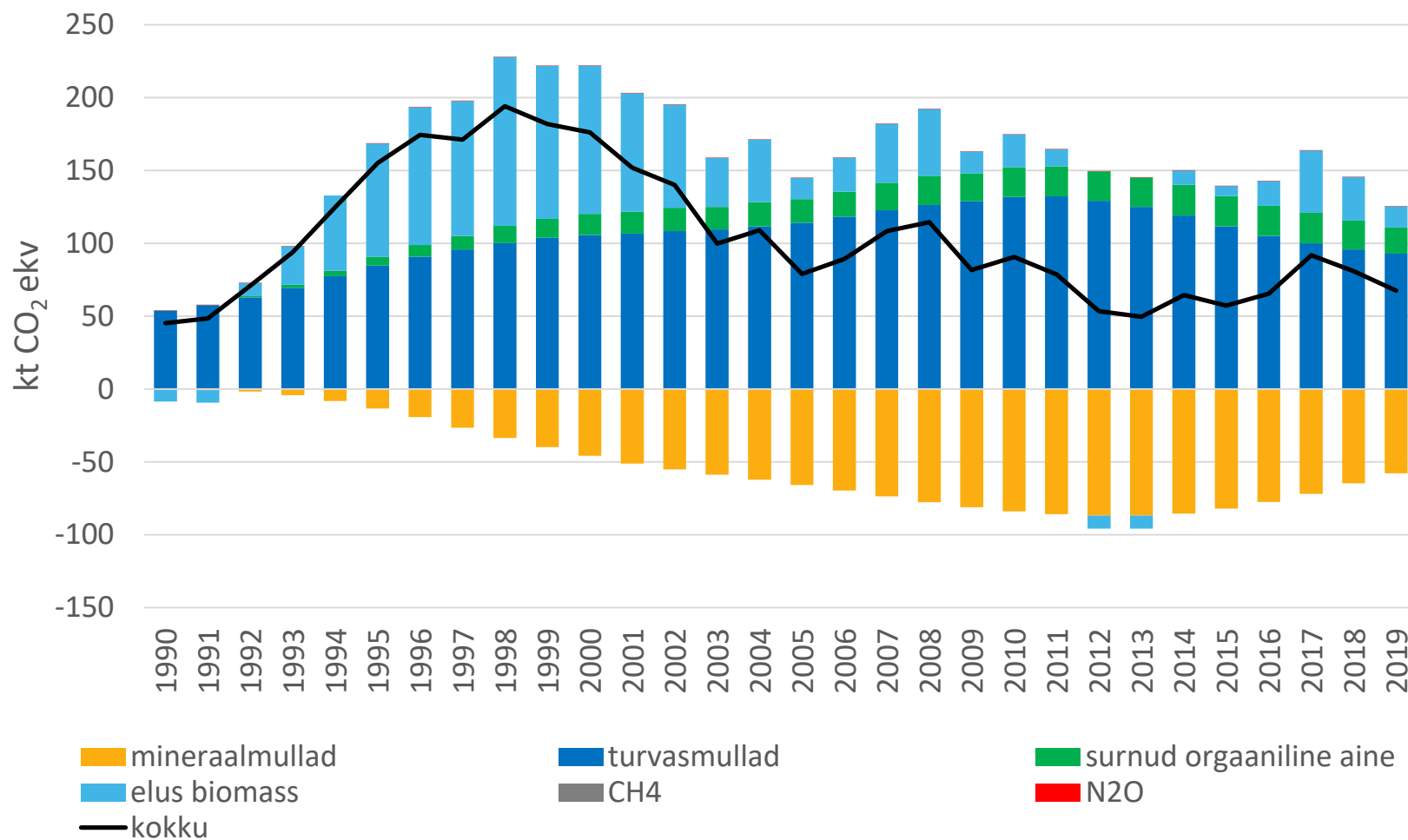
Eve Suursild
LULUCF peaspetsialist
KAUR metsaosakond
31.08.2021

Põllumaade maakategooria KHG heitkogused 1990.–2019. aastal (NIR 2021)



Põllumaade pindala 2019.a: 986 kha, netoheide 355 kt CO₂ ekv.

Rohumaade maakategooria KHG heitkogused 1990.–2019. aastal (NIR 2021)



Rohumaade pindala 2019.a: 276 kha, netoheide 68 kt CO₂ ekv.

Meetmete valik

- Mõju mulla süsinikuvaru (C_{org} varu) dünaamikale;
- meetme sobivus Eesti tingimustesse;
- varasemad analüüsid, uuringud.

Meetmete mõju

Täpsemaks hindamiseks on oluline:

- Välja töötada C_{org} varu ja selle muutuste mudelproгноoside hinnangud;
- asukohapõhine (GIS) lähenemine.

See võimaldaks KHG inventuuri LULUCFi sektoris kasutusele võtta **kõrgeima taseme arvutusmetoodika** ning annaks väärtuslikku teavet selle kohta, millised meetmed on konkreetse maakasutuseüksuse tasemel kõige otstarbekamad.

Vaadeldud meetmed

Uuringus vaadeldakse viite põllu- ja rohumaa muldade C sidumise suurendamise ja KHG heite vähendamise meetet:

- PM 1: orgaaniliste väetiste kasutamine (sh. taimejäänuste mulda jätmine);
- PM 2: mitmekesisemad ja pikemad külvikorrad;
- PM 3: püsiva taimestikuga alade loomine (haritava maa muutmine püsirohumaks, puittaimestiku ribad, hekid ja agrometsandus);
- PM 4: heitkoguste vähendamine turvasmuldadel paiknevatest haritavatest maadest;
- PM 5: happeliste muldade neutraliseerimine.

Hinnangute koostamise aluseks on:

- varasemalt avaldatud teadusartiklid ja aruanded;
- orgaanilise süsiniku (C_{org}) varu muutuse hindamiseks Uppsala Ülikoolis välja töötatud **mudelit ICBM** (*Introductory Carbon Balance Model*) ning
- Eesti Maaülikoolis arendatud **huumusbilansi kalkulaatorit**.

PM 1: orgaaniliste väetiste kasutamine

- Looduslikku päritolu: saagikoristusjäätmek, vahetultuurid, haljasväetised, sõnnik, kompostid, digestaat.
- C sidumine mulda sõltub orgaanilise aine päritolust, mulla lõimisest ja esialgsest C_{org} varust.
- Võimalik kaasuv N_2O heide taimejäätmek mulda viimisel (liblikõielised).
- Erinevatest allikatest pärineva C sisendi kogus peaks ületama **4 t C/ha/a**, et tagada C_{org} varu suurenemine.

Uuringuvajadus: KHG mõõtmised erineva mullastikuga põldudelt, kus kasutatakse orgaanilisi väetisi või kus karjatatakse.

PM 1: orgaaniliste väetiste kasutamine

Mulla C sisend ja C_{org} varu muutused (0–30 cm kihis) erinevatel stsenaariumitel suvinisu kasvatamise korral perioodi 2021–2050

Stsenaarium	C sisend kokku t C/ha/a	C varu muutus 2021–2050, t/ha/a			
		Kerge liivsavi lõimisega mullad; algne C_{org} varu: 51,1 t/ha		Raske liivsavi lõimisega mullad; algne C_{org} varu: 80,9 t/ha	
		ICBM	Huumus- kalkulaator	ICBM	Huumus- kalkulaator
S1 (–põhk)	1,0	-0,14	-0,21	-0,24	-0,25
S2 (+põhk)	3,3	0,05	-0,07	0,02	-0,10
S3 (+S ¹)	4,3	0,63	0,51	0,7	0,45
S4 (+0,5 S)g	2,7	0,24	0,19	0,23	0,14
S5 (+VS ²)	1,9	-0,02	0,04	-0,1	-0,01
S6 (+0,5 VS)	1,5	-0,08	-0,08	-0,17	-0,13
S7 (+D ³)	2,0	0,01	0,12	-0,06	0,07
S8 (+0,5 D)	1,5	-0,07	-0,04	-0,16	-0,08
S9 (+D)	2,0	0,03	0,12	-0,07	0,07
S10 (+0,5 D)	1,5	-0,06	-0,04	-0,15	-0,08
S11 (+põhk+S)	6,6	0,82	0,65	0,96	0,60
S12 (+VK ⁴)	1,9	-0,05	-0,17	-0,11	-0,21
S13 (+põhk+VK)	4,2	0,14	-0,02	0,15	-0,06
S14 (+põhk+VK+S)	7,5	0,91	0,69	1,09	0,64
S15 (+põhk+VK+0,5 S)	5,9	0,53	0,38	0,62	0,34

¹sõnnik; ²vedelsõnnik; ³digestaat; ⁴vahekuhtuurid.

PM 2: mitmekesisemad ja pikemad külvikorrad

- Suurendab mulla C_{org} varu ja külvikorra keskmisena väheneb ka KHG heide.
- Paranevad mulla teised näitajad (mulla struktuursus, taimede varustatus toitainete ja veega, väheneb kahjulike jääkainete kogunemine mulda jt).

Alameetmed:

- mitmekesisistatud külvikorrad – suureneb saagikus **14%** ja C_{org} sisend mulda;
- liblikõielised kultuurid – KHG heide vähenes **31%**;
- vahekultuurid – suurendab C_{org} varu **0,11 t /ha/a**;
- mustkesa – N_2O heide **58%** suurem kui samal ajal kasvatada vahekultuure.

Uuringuvajadus: orgaanilise ainega küllastunud mullad;
külvikorrakatsete täiendavad uuringud.

PM 2: mitmekesisemad ja pikemad külvikorrad

Erinevate 5-väljaliste külvikordade mõju prognoositud C_{org} varu muutusele

Agrotehnilised tegevused	Külvikorra järgselt prognoositud C_{org} varu muutus, t/ha/a		
	Talinisu-taliraps-talinisu-suvioderhernes	Talinisu-taliraps-ristik-suvioderhernes	Talinisu-taliraps-talinisu-suvioder-mustkesa
Põhk viiakse põllult ära	-0,17	0,12	-0,21
Põhk küntakse mulda	-0,07	0,19	-0,10
Põhk küntakse mulda ja kasvatatakse vahekultuure suviokra järgselt	-0,06	0,20	-0,09
Põhk küntakse mulda ja tehakse allakülv suviokra eelselt	-0,04	0,22	-0,08
Põhk küntakse mulda ja antakse sõnnikut (40 t/ha) talirapsi järgselt	0,07	0,33	0,04
Põhk küntakse mulda ja antakse sõnnikut (40 t/ha) talirapsi ja suviokra järgselt	0,22	0,47	0,18

PM 3: püsiva taimestikuga alade loomine

Alameetmed:

- mineraalmullal haritavate maade viimine **püsirohumaade alla** on efektiivne muldadel, mis on kaotanud olulise osa esialgsest C_{org} varust;
- **puittaimestiku ribad ja hekid** ning **agrometsandus** on positiivse mõjuga, kuna suureneb C sidumine biomassi ja mulda, kuid C sidumine ei pruugi olla pikema aja jooksul püsiv.

Suurendab elurikkust ja loodusalade sidusust.

Uuringuvajadused: kaardistada, kui palju on muldi, mis on kaotanud olulise osa C_{org} varust; detailsemad aluskaardid meetmete mõju hindamiseks LULUCFi sektoris.

PM 4: heitkoguste vähendamine turvasmuldadel paiknevatest haritavatest maadest

Haritavatest turvasmuldadest pärineb **ligi 40%** põllumajandusest tekkivast KHG heitest Eestis.

Alameetmed:

- viimine püsirohumaaks – 20 000 ha, heitkogus väheneb 2050. aastaks **-355 kt CO₂ ekv**;
- märgalade taastamine, sh märgalaviljelus, heitkoguse vähenemine **-34,11 t CO₂ ekv/ha/a**;
- metsastamine, heitkoguse vähenemine **-31,42 t CO₂ ekv/ha/a**.

Uuringuvajadus: käimas EL LIFE OrgBalt projekt (5 riiki), millega täpsustuvad heitkogused toitainerikastelt turvasmuldadelt; kordusmõõtmised põllu- ja püsirohumaade turvasmuldadel.

PM 4: heitkoguste vähendamine turvasmuldadel paiknevatest haritavatest maadest

Haritavatel turvasmuldadel põllumaa viimine püsirohumaaks, **heitkoguse vähenemine võrreldes haritava põllumaaga** perioodil 2021–2100

Meede	Heitkoguse vähenemine perioodil 2021–2100 (kt CO ₂ ekv)								
	näitaja	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100
Haritavatel turvasmuldadel põllumaa viimine püsirohumaaks (1000 ha aastas perioodil 2021–2040, kokku 20 000 ha)	keskmine aastas	-7	-14	-14	-14	-14	-14	-14	-14
	kumulatiivne	-71	-213	-355	-497	-639	-781	-923	-1065

Haritavatel turvasmuldadel põllumaa viimine püsirohumaaks, **kulutõhususe hinnang** perioodil 2021–2050

	2021–2030	2031–2040	2041–2050
Meetme rakendamise kumulatiivne kulu, mln € (põllumajanduse kattetulu väheneb 50 €/ha aastas)	2,8	10,5	20,5
Kumulatiivne heitkoguse vähenemine, kt CO ₂ ekv	-71	-213	-355
Kulu €/tonn CO ₂ ekv	39	49	58
CO ₂ väärtus, mln € (hind 25 ja 50 €/t CO ₂ ekv)	1,9–3,7	5,3–10,6	8,9–17,7

PM 5: happeliste muldade neutraliseerimine

- Happeliste muldade osakaal on ca **35%** põllumajandusmaast.
- Parandab taimekasvutingimusi ja suurendab saagikust ning seeläbi ka mulda mineva orgaanilise aine kogust.
- Samas soodustab lupjamine ka orgaanilise aine lagunemist.
- Happelised mullad on peamiselt kerge lõimisega ja väikese C sidumisvõimega, seetõttu suurem C sisend ei pruugi tagada C_{org} varu suurenemist.
- N_2O heide väheneb mulla happesuse vähenemisel.

Uuringuvajadus: mulla pH ja C_{org} sisalduse vaheline seoste analüüs konkreetsete mulla erimite ja piirkondade kaupa; meetme mõju hindamine LULUCFi sektoris.

Lühikese raieringiga istandused

- Lühikese raieringi ajaline pikkus on üldjuhul **alla 30 aasta**.
- Eesmärgiks maksimaalne biomassi produktsioon.
- **Paju** – nõuab pestitsiidide kasutamist, keemilist umbrohutõrjet ja väetamist.
- **Hall lepp** – kodumaistest puuliikidest kõige kiirekasvulisem, suurem haiguskindlus ja vastupidavus.
- **Hübriidhaab** – rajatud 58 püsikatseala, 5–15 aasta vanused hübriidhaavikud sidusid endistel põllumaadel keskmiselt **3,17 t C /ha/a** ja endistel rohumaadel **2,56 t C /ha/a**.

Nii netotulu kui ka süsinikubilansi mõttes on otstarbekas kasvatada metsapuid, mille tüvedest on võimalik saada võrreldes energiapuiduga kallemaid sortimente.



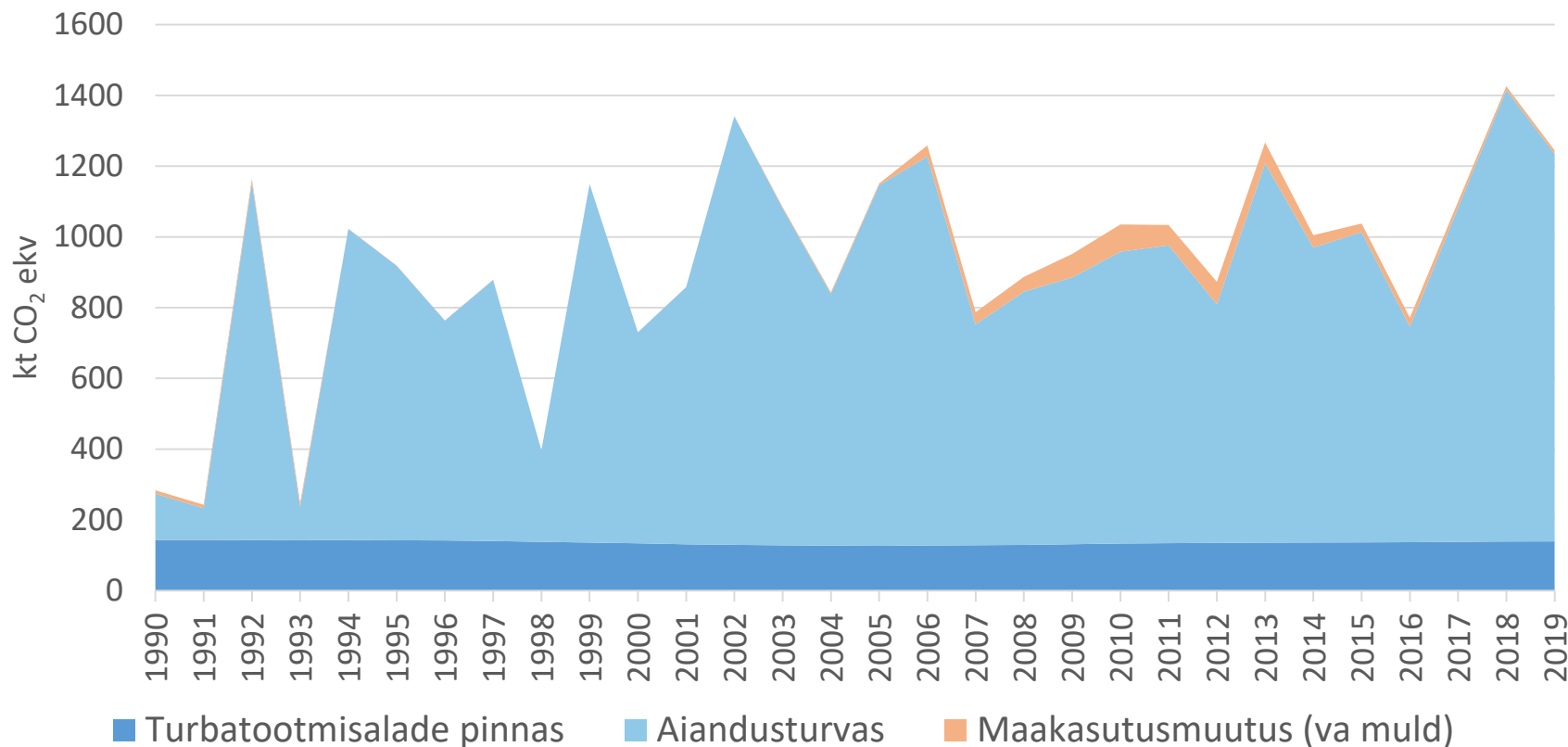
KESKKONNAAGENTUUR

Märgalad

Helen Karu
LULUCF peaspetsialist
KAUR metsaosakond
31.08.2021

Märgalad

Märgalade maakategooria KHG heitkogused 1990.–2019. aastal (NIR 2021)



2019. a heitkogused: aiandusturba kasutamisest 1096 kt CO₂ ekv
turbatootmisalade (21,5 kha) pinnasest 139 kt CO₂ ekv

Mahajäetud turbatootmisalade korrastamine

Alameetmed:

- Jääksoode korrastamine märgaladeks (Märgala 1.1)
- Jääksoode metsastamine (Märgala 1.2)
- Märgalaviljelus (Märgala 1.3)

Jääksoode korrastamine võimaldab olulisel määral vähendada KHG heitkoguseid, kuid töös välja toodud hinnangute puhul tuleb arvestada suure määramatusega.

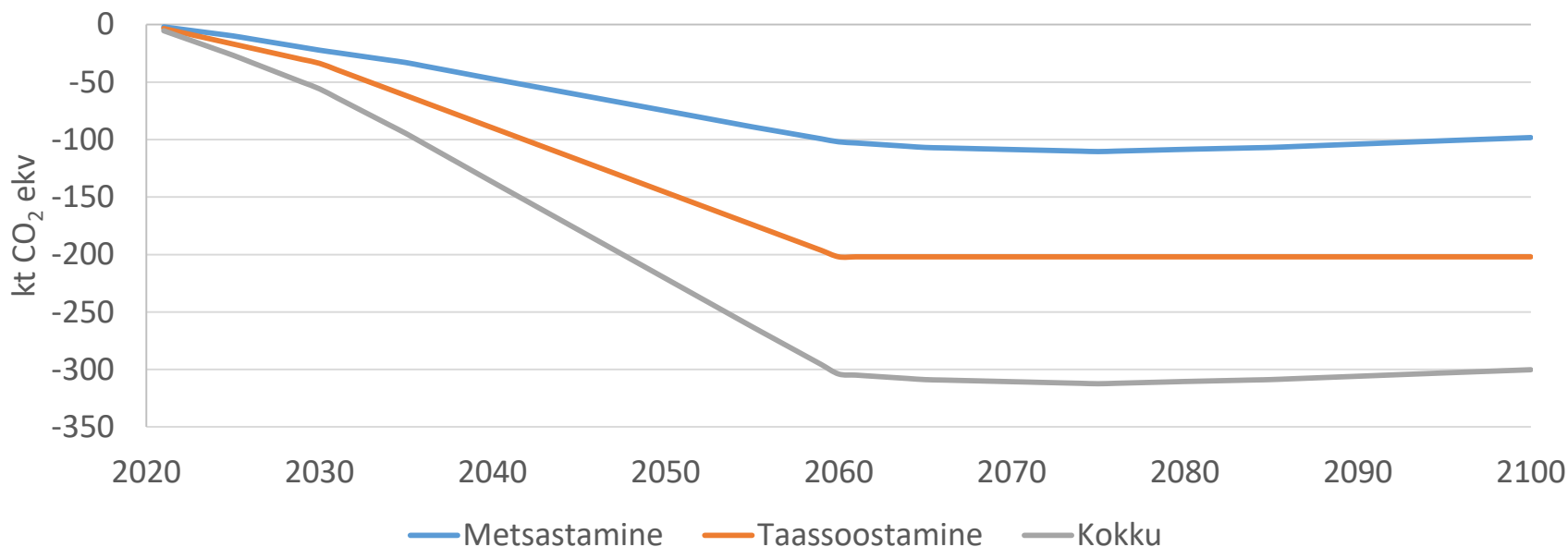
- **Märgalaks korrastamisega** saavutatakse suurem KHG heitkoguste vähendamine
- **Metsastamise** majanduslik eelis väljendub selles, et uuendusraietest saadav tulu katab jääksoo metsastamiseks tehtud kulud

Jääksoo korrastamisel tuleb sobiva alternatiivi valimiseks hinnata selle praegust seisukorda, võimalusi seal veetaseme tõstmiseks ning ala metsakasvatustlikku potentsiaali.

Jääsoode korrastamise stsenaarium

- 2030. aastaks korrastatakse 6000 ha (pool taastatakse märgalaks ja pool metsastatakse).
- Arvestades turba kaevandamislubade lõpptähtaegu hinnati keskmiseks korrastatavaks pindalaks perioodil 2031–2060 750 ha/a (märgalaks 500 ha/a ja metsastatakse 250 ha/a).

KHG heitkoguse aastane vähenemine prognoositud korrastamisstsenaariumi korral



Kumulatiivne vähenemine aastaks 2030: -301 kt CO₂ ekv
aastaks 2050: -3128 kt CO₂ ekv

Aiandusturbast tulenevate heitkoguste vähendamine

Analüüsi kolme stsenaariumi:

- S1: Keskmise kaevandamismaht jääb samaks (2015–2019 keskmine);
- S2: Mahu vähendamine tasemeni, mille juures majandatavate märgalade heitkogus ei ületaks perioodi 2005–2009 keskmist ehk võrdlustaset;
- S3: 25% vähendamist võrreldes aastate 2015–2019 keskmisega.

Kõigi stsenaariumite puhul eeldati, et turbatootmisalade pindala ja sellega seotud heitkogused jäävad tulevikus 2019. aasta tasemele

Prognoositud heitkogused majandatavate märgalade kategooriates vastavalt erinevatele aiandusturba kaevandamismahtudele

Stsenaarium	Aiandusturba keskmine kaevandamise maht, kt/a	Keskmine prognoositud heitkogus majandatavate märgalade kategoorias perioodil 2026–2030, kt CO ₂ ekv/a	Võrdlus baasperioodi (2005–2009) keskmisega, kt CO ₂ ekv/a
S1	655,2	1100,0	131,6
S2	565,5	968,5	0
S3	491,4	859,8	-108,7

Aiandusturbast tulenevate heitkoguste vähendamine

Aiandusturba tootmise ja kasutamisega seotud CO₂ heitkogused moodustavad valdava osa Eesti KHG inventuuri märgalade maakategooria koguheitest.

97–99% Eestis toodetud aianduses kasutatavast turbast eksporditakse.

Aiandusturbaga seotud CO₂ heited vajavad lõplike järeltööstuste tegemiseks veel täiendavat analüüsi.

Märgalade kategooria võrdlustaseme saavutamiseks:

- aiandusturba kaevandamise mahtu tuleb vähendada keskmiselt ~90 kt aastas
- CO₂ heitkogus väheneb ~132 kt aastas
- kumulatiivne vähenemine aastaks 2030: -658 kt CO₂
- eksporditulu väheneb 8,5 mln euro võrra aastas



KESKKONNAAGENTUUR

Täiendavate meetmete stsenaarium

Mati Valgepea
metsandusstatistika juhtivspetsialist
KAUR metsaosakond
31.08.2021

Täiendavate meetmete stsenaarium

Üks võimalik täiendavate meetmete koondstsenaarium KHG poliitikat, meetmeid ja prognoose käsitleva aruande lähenemise alusel (ühtlase kasutuse raiestsenaariumit arvestades).

Kõiki meetmeid samaaegselt rakendada ei ole võimalik või otstarbekas. Piiranguks:

- kasutatavad vahendid,
- poliitilised eelistused kui ka
- ebapiisavad teadmised meetmete rakendamise võimalikust ulatusest ja pikaajalisest mõjust.

Kuni aastani 2050 on mõjusamad meetmed looduslike rohumaade metsastamine, saematerjali tootmise kasv, tselluloosi tootmismahu oluline suurendamine, jääksoode taastamine ja aiandusturba kaevandamismahu piiramine võrdlustasemeni.

Täiendavate meetmete stsenaarium

Täiendavad meetmed

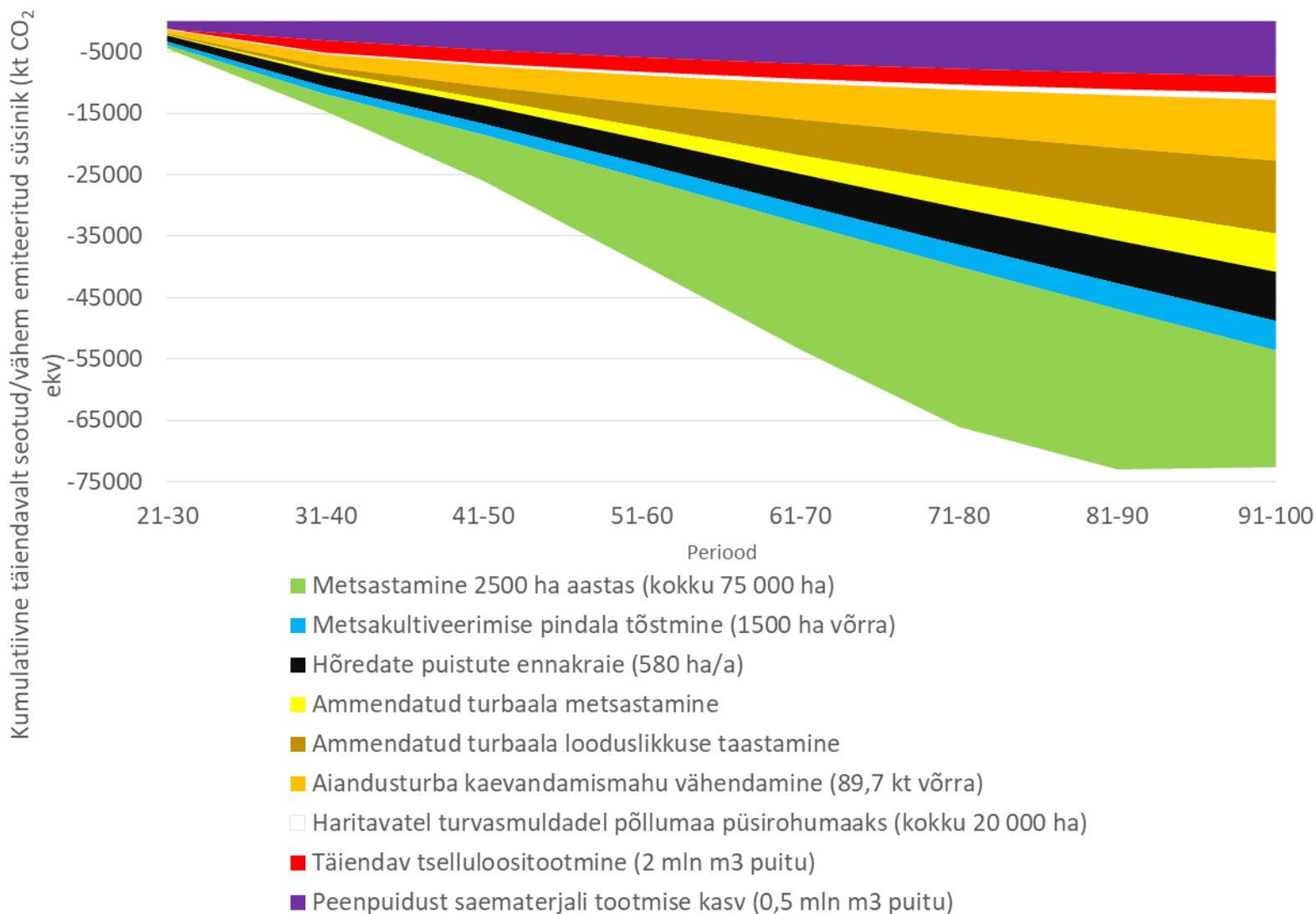
- Metsastamine
- Metsakultiveerimise mahtude suurendamine erametsamaal
- Hõredate puistute ennakraie
- Ammendatud turbatootmisalade metsastamine
- Ammendatud turbatootmisaladel looduslikkuse taastamine
- Aiandusturba kaevandamismahu vähendamine
- Haritavate turvasmuldadel põllumaa viimine püsirohumaaks
- Täiendav tselluloositootmise (2 mln m³ paberipuidu ja hakke kasutamine)
- Saematerjali tootmise kasv

Täiendavate meetmete mõju kokku aastail 2021–2100

Meede	Meetmete mõju netoheitele, kt CO ₂ ekv								
	Näitaja	21–30	31–40	41–50	51–60	61–70	71–80	81–90	91–100
Täiendavad meetmed kokku	Keskmine aastas	-443	-1022	-1140	-1361	-1383	-1258	-691	35
	kumulaatiivne	-4430	-14652	-26051	-39660	-53487	-66069	-72976	-72631

Täiendavate meetmete stsenaarium

Täiendavate meetmete kumulatiivne mõju netoheitele 2021. –2100. aastal



Täiendavate meetmete mõju

Täiendavate meetmete stsenaariumi allkomponentide mõju netosidumisel avaldub ajas erinevalt

- kiire ja lühiajaline mõju (nt tselluloositehase rajamine),
- pikaajaline ja stabiilne mõju (nt metsakultiveerimise taseme tõstmine, hõredate puistute ennakraie, haritavatel turvasmuldadel põllumaa viimine püsirohumaaks).
- ajas kasvav mõju (nt ammendatud turbatootmisalade looduslikkuse taastamine),
- järsult muutuv mõju (nt mittemetsamaade metsastamisel või ammendatud turbatootmisalade metsastamisel uuendusraiete järgselt).

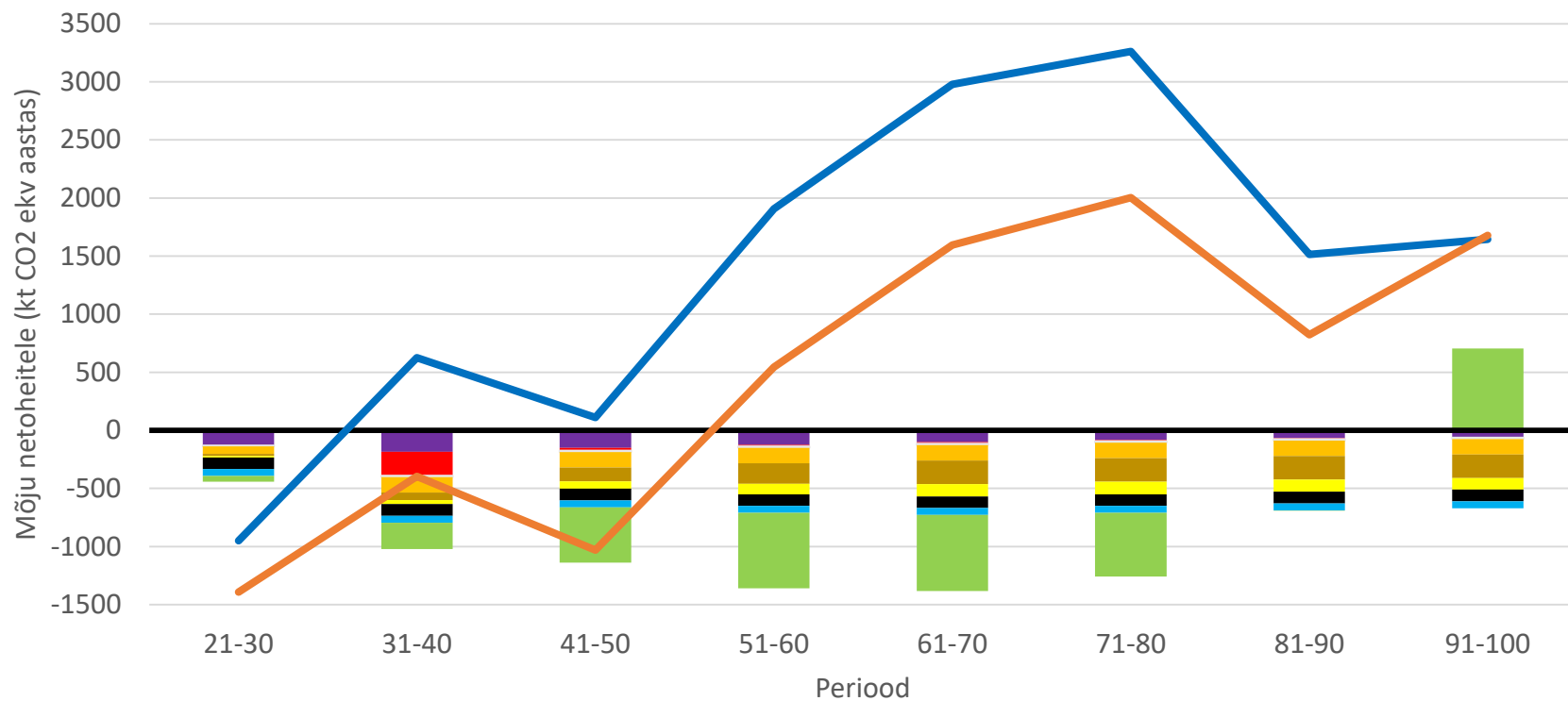
Meetmete summaarne mõju kümnendi kohta kasvab 2060. aastani ja jääb siis kaheks aastakümneks samale tasemele.

Sajandi viimastel aastakümnetel alustatud meetmete mõju kahaneb kiiresti ja jõuab sajandivahetuseks sisuliselt nulli.

Meetmete kumulatiivne mõju netoheitele ulatub 73 Mt CO₂ ekv.

Meetmete summaarse mõju stabiliseerumine sajandi keskpaigal viitab vajadusele uute täiendavate meetmete kasutuselevõtuks.

Täiendavate kumulatiivne mõju



- Metsastamine 2500 ha aastas (kokku 75 000 ha)
- Metsakultiveerimise pindala tõstmine (1500 ha võrra)
- Hõredate puistute ennakraie (580 ha/a)
- Ammendatud turbaala metsastamine
- Ammendatud turbaala looduslikkuse taastamine
- Aiandusturba kaevandamismahu vähendamine (89,7 kt võrra)
- Haritavatel turvasmuldadel põllumaa püsirohumaaks (kokku 20 000 ha)
- Täiendav tselluloositootmine (2 mln m3 puitu)
- Peenpuidust saematerjali tootmise kasv (0,5 mln m3 puitu)
- LULUCF netoheite baastase ühtlase kasutuse raiestsenaariumi korral
- Korrigeeritud LULUCF netoheite baastase täiendavate meetmete rakendamisel



KESKKONNAAGENTUUR

Töö autorid:

Eesti Maaülikool:

Paavo Kaimre, Karin Kauer, Alar Astover, Martti Maasik, Airiin Vaasa

Keskkonnaagentuur:

Madis Raudsaar, Helen Karu, Eve Suursild, Enn Pärt, Allan Sims, Mati Valgepea

Töö autorid tänavad abi eest:

Kaupo Kohv (Riigimetsa Majandamise Keskus), Martin Arula (AS Toftan), Erki Niitlaan (MTÜ Eesti Turbaliit), Edgar Karofeld (Tartu Ülikool), Reeli Sildnik (Keskkonnaministeerium), Sandra Salom (Maaeluministeerium), Tiiu Timmusk ja Tiit Matson (Keskkonnaagentuur), Siim Umbleja (Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing), Eduard Latõšov (Tallinna Tehnikaülikooli Energiatehnoloogia Instituut)

Loe uuringut: <https://envir.ee/elusloodus-looduskaitse/metsandus/lulucf>