

Brüssel, 13.3.2019
COM(2019) 142 final

ANNEXES 1 to 2

LISAD

järgmise dokumendi juurde:

**KOMISJONI ARUANNE EUROOPA PARLAMENDILE, NÕUKOGULE, EUROOPA
MAJANDUS- JA SOTSIAALKOMITEELE NING REGIOONIDE KOMITEELE**

asjaomaste toidu- ja söödakultuuride tootmise üleilmse laienemise kohta

1. LISA

ÜLEVAADE KIRJANDUSEST, MIS KÄSITLEB PÕLLUMAJANDUSKULTUURIDE KASVATUSE LAIENDAMIST SUURE SÜSINIKUVARUGA MAA-ALALE

Ulatus

Käesolevas Euroopa Komisjoni Teadusuuringute Ühiskeskuse koostatud ülevaates antakse ülevaade ja tehakse kokkuvõte kõige olulisematest tulemustest teaduskirjanduses, kus käsitletakse põllumajanduslike toorainete kasvatusel laiendamist suure süsinikuvaruga maa-alale, nagu määratletud RED IIs.

Sojauba

On olemas ainult üks ekspertide läbivaadatud uuring, milles hinnatakse sojaoast põhjustatud metsade raadamist ülemaailmses ulatuses ja mis hõlmab metsade raadamist 2008. aastale järgnenud ajavahemikul. [Henders *et al.* 2015] alustasid iga-aastase metsade raadamise GIS-põhiseid mõõtmisi kõikides troopilistes piirkondades ja liigitasid need eri tegurite alusel, sealhulgas soja ja õlipalmi kasvatusel laiendamine, vastavalt piirkondliku kirjanduse põhjalikule ülevaatele (ülevaade on üksikasjalikult esitatud lisateabes). Nende andmed hõlmavad siiski ainult ajavahemikku 2000–2011.

Teadusuuringute Ühiskeskuse hinnang metsade raadamise protsendi kohta sojakasvatuse laiendamisel Brasiilias			
	Amazonas	Cerrado	Ülejäänud Brasiilia
% Brasiilia sojakasvatuse laiendamisest 2008–2017	11 %	46 %	44 %
% kasvatuse laiendamisest metsaaladele	5 %	14 %	3 %
BRASIILIA metsaaladele laiendamise KAALUTUD KESKMINE	8,2 %		

Kuna ülemaailmsel tasandil värskemaid andmeid esitavad uuringud puuduvad, kasutati Brasiilia, teiste Lõuna-Ameerika riikide ja ülejäänud maailma andmeid. Brasiilia puhul võeti andmed sojakasvatuse laiendamise kohta alates 2008. aastast Brasiilia IBGE-SIDRA andmebaasist ja kasutati neid koos andmetega metsaaladele laiendamise kohta Cerradoses [Gibbs *et al.* 2015], arvutades keskmise ajavahemiku 2009–2013 kohta Amazonas [Richards *et al.*]¹ ja ülejäänud Brasiilias [Agroicone 2018]. Selle tulemusena saadi metsaaladele laiendamise kaalutud keskmiseks 10,4 %. Seda kombineeriti Argentina, Paraguay, Uruguay, Boliivia ja ülejäänud maailma andmetega:

¹ [Gibbs *et al.* 2015, joonis 1] andmetel oli sojakasvatuse metsaaladele laiendamise keskmine protsent Amazonas aastatel 2009–2013 ligikaudu 2,2 %. 2008. aasta andmeid ei ole lisatud, kuna Brasiilia valitsuse kava metsade raadamise ennetamiseks ja kontrollimiseks Amazonas (PPCDAa) Brasiilia metsaseaduse raames, millele järgnes Amazonase metsade raadamise järsk vähenemine, ei olnud veel jõustunud. [Gibbs *et al.* 2015] hinnangus kasutati ka ametlikku metsade raadamise andmebaasi PRODES, mida kasutati ka selleks, et jälgida PPCDAa seaduse nõuete täitmist. [Richards *et al.* 2017] märkisid, et alates 2008. aastast on andmebaas PRODES teistest metsade hävitamise näitajatest üha enam lahkenud. Põhjuseks on, et seda kasutati seaduse rakendamiseks: metsade raadajad on õppinud raadama väikeste tükkidena või piirkondades, mida PRODESe süsteemiga ei jälgita. Alternatiivse GFC metsaseire andmebaasi andmete kasutamine [Richards *et al.* 2017] näitab (nende lisateabes), et alates 2008. aastast alahindab PRODES metsade raadamist GFC andmebaasiga võrreldes keskmiselt teguri 2,3 võrra. Metsatulekahjudel põhinevad andmed kinnitavad GFC iga-aastaseid muutusi raadamispiirkonnas ja mitte neid, mille on esitanud PRODES.

Teadusuuringute Ühiskeskuse hinnang Ladina-Ameerika sojakasvatuse metsaaladele laiendamise keskmise protsendi kohta					
2008–2017	Brasiilia	Argentina	Paraguay	Uruguay	Boliivia
% Ladina-Ameerika sojakasvatuse laiendamisest	67 %	19 %	7 %	5 %	2 %
% metsaaladele laiendamisest	8,2 %	9 %	57 %	1 %	60 %
Ladina-Ameerika keskmine metsaaladele laiendamise %	14 %				
HINNANG SOJAKASVATUSE METSAALADELE LAIENDAMISE KESKMISE PROTSENDI KOHTA MAAILMAS					
Ülemaailmse sojakasvatuse laiendamise osakaal Ladina-Ameerikas	53 %				
Eeldatav laiendamise % metsaaladele ülejäänud maailmas	2 %				
Sojakasvatuse keskmine metsaaladele laiendamise osakaal maailmas	8 %				

Teiste Ladina-Ameerika riikide kohta saadi kvantitatiivsed andmed üksnes [Graesser *et al.* 2015] uuringust, kus nad mõõtsid kõikide põllumajanduskultuuride kasvatuse laiendamist metsaaladele. Ülejäänud maailma puhul, kus on alates 2008. aastast täheldatud suurimat sojakasvatuse laiendamist, st India, Ukraina, Venemaa ja Kanada, leiti üksikuid tõendeid otsest metsade raadamist põhjustava sojakasvatuse kohta. Seetõttu eeldati ülejäänud maailmaga seoses väikest 2 % laiendamist metsaaladele. Selle tulemusena hinnati sojakasvatuse laiendamise keskmiseks osakaaluks maailmas 8 %.

Võrdlus teiste viimaste ülevaadetega

Enamik sojast põhjustatud metsade raadamise andmetest pärineb Brasiilia 2008. aasta sojamoratoriumile eelnevast ajast ja seetõttu ei ole need käesoleva uuringu kontekstis asjakohased.

Transport and Environmenti tellitud ülevaade [Malins 2018] sisaldab hoolikat ülevaadet piirkondlikest andmetest sojakasvatuse laiendamise ja metsade raadamise kohta, tehes järelduse, et *vähemalt* 7 % ülemaailmsest sojakasvatuse laiendamisest alates 2008. aastast toimus metsaaladele. Sojakasvatuse laiendamise osakaalude ja andmete jaoks kasutati siiski erinevaid aastaid ning [Agricone 2018] ja [Richards *et al.* 2017] tulemusi ei kasutatud.

Sofiproteoli tellitud analüüs [LCAworks 2018] sisaldab ka ülevaadet piirkondlikust kirjandusest metsade raadamise kohta sojakasvatuse tõttu maailmas aastatel 2006–2016. Selles tehakse järeldus, et 19 % ülemaailmsest sojakasvatuse laiendamisest on toimunud metsaalade arvel. Ebaselge on siiski see, millisel allikal põhineb nende eeldus seoses kasvatuse laiendamisega metsaaladele ülejäänud Brasiilias, ja mõnikord on nad loodusmaa metsaga kokku liitnud. Keskmiste näitajate arvutamisel võrdlevad nad piirkondlikke sojakasvatuse andmeid soja piirkondliku kogutoodanguga, mitte sojakasvatuse laiendamise pindalaga. Seetõttu ei saa näitajat 19 % pidada väga usaldusväärseks.

Agroicone koostas komisjoni jaoks dokumendi, milles tsiteeritakse Agrosatelite 2018. aasta avaldamata tööd, mis näitab, et metsade osakaal sojakasvatuse laiendamises Cerrados (eriti Matipoba osas) on aastatel 2014–2017 märkimisväärselt vähenenud, 23 %-lt aastatel 2007–2014 kuni 8 %-le aastatel 2014–2017.

Õlipalm

Kasutades satelliidiandmetel põhinevat õlipalmiistanduste valimit, hindasid [Vijay *et al.* 2016] õlipalmikasvatuse metsaaladele laiendamise osakaalu aastatel 1989–2013 ja esitasid tulemused riikide kaupa. Suhestades riikide keskmised näitajad õlipalmi koristuspinna suurenemisega riikides aastatel 2008–2016, järeldati uuringus, et üleilmselt toimus **45 %** õlipalmikasvatuse laiendamisest maa-aladele, mis olid 1989. aastal metsad.

[Henders *et al.* 2015] lisaandmete järgi raadati ajavahemikul 2008–2011 aastas keskmiselt 0,43 mln ha metsi õlipalmikasvatuse laiendamise tõttu. See moodustab **45 %** õlipalmide istutusala hinnangulisest suurenemisest maailmas sel perioodil².

Euroopa Komisjoni jaoks tehtud ülemaailmses uuringus omistasid [Cuypers *et al.* 2013] mõõdetud metsade raadamise riiklikul tasandil eri teguritele, nt metsaraie, karjatamine ja mitmesugused põllumajanduskultuurid. Nende tulemused viitavad, et 59 % õlipalmikasvatuse laiendamisest oli ajavahemikus 1990–2008 seotud metsade raadamisega.

² Koristuspinna andmed on kättesaadavad kõikide riikide kohta. See on siiski istutusalaast väiksem, kuna ebaküpsed palmid ei kannu vilju. Istutusala ja koristuspinna suhte *suurenemine* sõltub ka taasistutatud ebaküpsede palmide pindalaprotsendist. Istutusala suurenemist täheldati Indoneesia ja Malaisia riikliku statistika alusel ning seda kombineeriti koristuspinna kohandatud suurenemisega ülejäänud maailma osas.

Metsaaladele laiendamise hinnanguline protsent						
	Aastad	Malaisia		Indoneesia		Ülejäänud maailm
% palmikasvatuse laiendamisest maailmas 2008–2015	2008–2015	15 %		67 %		17 %
		Malaisia poolsaar	Malaisia Borneo	Indoneesia Borneo	Ülejäänud Indoneesia	
% riiklikul tasandil laiendamisest 2008–2015	2008–2015	19 %	81 %	77 %	23 %	
Gaveau <i>et al.</i> 2016	2010–2015		75 %	42 %		
Abood <i>et al.</i> 2015	2000–2010			> 36 %		
SARvision 2011	2005–2010		52 %			
Carlson <i>et al.</i> 2013	2000–2010			70 %		
Gunarso <i>et al.</i> 2013	2005–2010	> 6 %				
Gunarso <i>et al.</i> 2013	2005–2010	47 %		37–75 %		
Austin <i>et al.</i> 2017	2005–2015			> 20 %		
Vijay <i>et al.</i> 2016	2013	40 %		54 %		13 %
Vijay <i>et al.</i> 2016	2013	45 %				

[Abood *et al.* 2015] leidsid, et 1,6 miljonit hektarit Indoneesias aastatel 2000–2010 raadatud metsast raadati tööstusliku palmiõli tootjatele antud kontsessioonide raames. See on Indoneesia valitsuse näitajate kohaselt 36 % õlipalmide istutusala kogulaiendamisest sellel perioodil.

[Carlson *et al.* 2013] hinnangul oli metsade raadamise protsent suurem: 1,7 miljonit hektarit palmiõli kontsessioonide raames hävitatud metsi Indoneesia Borneol; ligikaudu 70 % koristuspinna laiendamisest selles piirkonnas [Malins 2018]. Hilisemas dokumendis teatasid [Carlson *et al.* 2018] 1,84 miljoni hektari metsa hävitamisest palmiõli kontsessioonide raames Indoneesia Borneol ning 0,55 miljonist hektarist Sumatral aastatel 2000–2015.

[SARvision 2011] leidis, et aastatel 2005–2010 hävitati teadaolevate palmiõli kontsessioonide piires 865 000 hektarit metsa Sarawakis, mis on Malaisia provints Borneol ja kus toimub kõige suurem õlipalmikasvatuse laiendamine. See vastab ligikaudu poolele õlipalmide koristuspinna suurenemisest sellel ajal³.

[Gaveau *et al.* 2016] kaardistasid raadatud metsade kattumise tööstuslike (st mitte väikeomanike) õlipalmiistanduste laiendamisega Borneol viieaastaste intervallidega ajavahemikus 1990–2015. Nad juhivad tähelepanu sellele, et suur osa Borneo õlipalmiistandustest oli 1973. aastal mets; väiksem metsade raadamise osakaal tekib siis, kui piirata raadamise ja õlipalmide istutamise vahelist ooteaega. Nende tulemused näitavad, et Indoneesia Borneol asuvate tööstuslike õlipalmiistanduste puhul toimus ligi 42 % laiendamisest aastatel 2010–2015 maa-alale, mis oli vaid viis aastat varem mets; Malaisia Borneol oli see näitaja ligi 75 %. Hindamisel kasutati RED2st kitsamat metsa määramist,

³ Istutusala andmeid selle piirkonna ja aja kohta ei leitud.

võttes arvesse ainult > 90 % võrade liitusega alad ja jättes välja teise metsa (st pärast varasemat metsaraiet või põlengut taaskasvanud metsa ja võsa).

Hilisemas dokumendis näitasid [Gaveau *et al.* 2018] aastate 2008–2017 kohta, et Indoneesia Borneol toimus 36 % tööstuslike istanduste laiendamisest (millest 88 % olid õlipalmid) samal aastal hävitatud põlismetsade alale, samas kui Malaisia Borneol oli keskmine näitaja 69 %. Indoneesia Borneol oli istanduste tõttu metsade raadamise määr eri aastatel väga tugevalt seotud palmitoorõli hinnaga eelmisel hooajal, samas kui Malaisia Borneol oli seos väiksem, mis viitab pikemaajalisele tsentraliseeritud metsade raadamise kavandamisele. Tulemused näitasid, et õlipalmikasvatuse laiendamise määr on alates selle tippajast aastatel 2009–2012 langenud, samas kui selle metsadega seotud osakaal jäi samaks.

[Gunarso *et al.* 2013] analüüsisid säästliku palmiõli ümarlaua (RSPO) tarbeks õlipalmikasvatuse laiendamisega seotud maakasutuse muutumist Indoneesias ja Malaisias. Nende avaldatud kõige hilisemad muutused viitavad ajavahemikus 2005–2010 istutatud õlipalmipiirkondadele. Nad näitavad selle piirkonna protsenti, mis kuulus 2005. aastal erinevate maakasutuse kategooriate alla. Lisades kategooriad, mis vastaksid *ühemõtteliselt* direktiivis esitatud metsa määratlusele, saadi kogu Indoneesias tulemus, et vähemalt 37 % on laiendatud metsaaladele. Muud esitatud maakasutuse kategooriad hõlmavad võsastunud alasid (mis on dokumendi kohaselt põhimõtteliselt vähenenud väärtusega mets) ja see vastaks üldiselt ka direktiivis esitatud metsa määratlusele. Indoneesias on see suur kategooria, kuna istanduste lähedal asuva metsa seisund halveneb sageli metsatulekahjude tõttu aastaid enne seda, kui istandust sellele maa-alale laiendatakse. Pidades neid eelnevaid maakasutuse liike metsaks (nagu need võisid 2000. aastal olla), kasvab metsade raadamise koguprotsent Indoneesias aastatel 2005–2010 ligikaudu 75 %ni, mis kinnitab üldjoontes [Carlson 2013] järeldusi.

Malaisia kohta teatavad [Gunarso *et al.* 2013], et aastatel 2006–2010 toimus 34 % õlipalmiistanduste laiendamisest otseselt metsaaladele. Nad teatasid siiski ka märkimisväärselt paljale pinnasele laiendamisest 2006. aastal ja nende oletuse kohaselt oli see paljas osaliselt seetõttu, et oli metsaalast selliseks muudetud. Nende lisateabest nähtub, et üle kolmandiku 2006. aastal paljast pinnasest oli kuus aastat varem mets, mis näitab, et tõenäoliselt oli tegemist istutamise eesmärgil metsast puhastatud aladega. Nende metsaalade lisamine suurendaks metsade raadamisega seotud õlipalmikasvatuse laiendamise osakaalu Malaisias 47 %ni.

Selle asemel et kasutada satelliidifotosid eelneva maakasutuse kindlakstegemiseks aladel, kuhu Indoneesia õlipalmiistandusi laiendati, viitasid [Austin *et al.* 2017] Indoneesia keskkonna- ja metsandusministeeriumi välja antud maakasutuskaartidele. Nad leidsid, et ainult umbes 20 % aastatel 2005–2015 tööstusliku õlipalmikasvatuse laiendamiseks kasutatud maast oli liigitatud nendel kaartidel viis aastat varem metsaks. Nende metsa määratlus tähendab > 30 % võrade liitust (direktiivis sätestatud > 10 % asemel) ega hõlma võsa, mis liigituks direktiivi määratluse alusel mõnikord metsaks. Veel 40 % õlipalmikasvatuse laiendamisest toimus võsa hõlmavates maakasutuse kategooriates. Neil põhjustel ollakse seisukohal, et [Austin *et al.* 2017] andmete kohane metsaaladele laiendamise 20 % suurune näitaja aastatel 2010–2015 on kõnealuse aruande tähenduses tõenäoliselt alahinnang.

Teadusuuringute Ühiskeskuse hinnang õlipalmikasvatuse metsaaladele laiendamise protsendi kohta ülejäänud maailmas				
	Laiendamise aasta	Ladina-Ameerika	Aafrika	Ülejäänud Aasia
% õlipalmikasvatuse laiendamisest maailmas aastatel 2008–2015	2008–2015	9 %	3 %	5 %
Furumo ja Aide 2017	2001–2015	20 %		
Maaijard <i>et al.</i> 2018			6 %	
Vijay <i>et al.</i> 2016	2013	21 %	6 %	4 %
Ülejäänud maailma kaalutud keskmine	2013	13 %		

Nagu tabelist näha, teatatakse ülejäänud maailma puhul väiksemast metsaaladele laiendamisest. Kaaludes Ladina-Ameerika, Aafrika ja ülejäänud Aasia (v.a Indoneesia ja Malaisia) tulemusi, tuletati õlipalmiistanduste metsaaladele laiendamise keskmiseks osatähtsuseks 13 %.

Võttes arvesse piirkondlike uuringute tulemusi õlipalmikasvatuse laiendamise kohta suure süsinikuvaruga maa-aladele Malaisias ja Indoneesias ning tõendeid taolise laiendamise kohta ülejäänud maailmas, võib [Vijay *et al.* 2016] esitatud maailma keskmist õlipalmikasvatuse laiendamise osatähtsust 45 % pidada heaks hinnanguks.

Õlipalmikasvatuse turbaaladele laiendamise osakaal

	aastad	Malaisia		Indoneesia		ülejäanud maailm
% õlipalmikasvatuse laiendamisest maailmas aastatel 2008-2015	2008-2015	15%		69%		16%
		ülejäanud Malaisia	Sarawak	Indoneesia Borneo	ülejäanud Indoneesia	
% riiklikust laiendamisest aastatel 2008-2015	2008-2015	33%	67%	77%	23%	
Õlipalmikasvatuse turbaaladele laiendamise osakaal						
SARvision 2011	2005-2010		32%			
Omar <i>et al.</i> 2010	2003-2009	30%				
Abood <i>et al.</i> 2014	2010			21%*		
Austin 2017	2005-2015			>20%		
Gunarso <i>et al.</i> 2013	2005-2010			26%		
Miettinen <i>et al.</i> 2012, 2016	2007-2015	42%		24%		
Miettinen <i>et al.</i> 2012, 2016	2010-2015	36%		25%		
Interpoleeritud kaalutud keskmine maailmas aastatel 2008-2015	23%					
* õlipalmikasvatuse turbaaladele laiendamise teadaolevate kontsessioonide osakaal						

[Abood *et al.* 2014] leidsid, et 21 % teadaolevatest Indoneesia palmiõli kontsessioonidest oli antud turbaaladele ja 10 % paksu turbakihi (> 3 meetrit) aladele, mida tuleks Indoneesia valitsuse 1990. aasta dekreeidi alusel kuivendamise eest kaitsta. Aastate 2000–2010 kohta

teatasid nad, et Indoneesia palmiõli kontsessioonide tõttu hävitati 535 000 hektarit turbaraba, mis moodustab 33 % õlipalmikasvatuse laiendamisest kontsessioonide alusel.

[Miettinen *et al.* 2012, 2016] analüüsisid kõrgresolutsiooniga satelliidifotosid, et jälgida küpsete õlipalmiistanduste laiendamist turbaaladele ajavahemikul 1990–2015. Nad kasutasid turbaalade kindlakstegemiseks Teadusuuringute Ühiskeskuse Euroopa mullastikukaartide digiarhiivi ja teatasid, et aastatel 2007–2015 laiendati õlipalmiistandusi 1 089 000 hektari ulatuses Indoneesia turbaaladele ja 436 000 hektari ulatuses Malaisia turbaaladele. Jagades selle küpsete õlipalmide all oleva pindalaga sellel ajavahemikul⁴, on õlipalmikasvatuse turbaaladele laiendamise näitaja Indoneesias 24 % ja Malaisias 42 %. Kõige hilisema perioodi kohta teatavad nad, et aastatel 2010–2015 olid vastavad näitajad 25 % ja 36 %.

Malaisia palmiõlinõukogu avaldas palmiõli kohta uuringu [Omar *et al.* 2010], mis põhineb õlipalmide kasvatamise GIS-põhisel kindlakstegemisel ja Malaisia põllumajandusministeeriumi mullakaardil. Nad teatavad, et palmikasvatuse osakaal turbaaladel kasvas Malaisias 8,2 %-lt 2003. aastal 13,3 %-le 2009. aastal, mis vastab 313 000 ja 666 000 hektarile. Sama perioodi kohta näitavad nende andmed, et õlipalmikasvatuse kogupindala laienes 3 813 000 hektarilt 5 011 000 hektarile, nii et turbaaladele laienemise osakaal oli 30 %.

[SARvision 2011] leidis, et aastatel 2005–2010 hävitati teadaolevate palmiõli kontsessioonide piires 535 000 hektarit turbametsa Sarawakis, mis on Malaisia provints, kus toimub kõige suurem õlipalmikasvatuse laiendamine. See on ligikaudu 32 % õlipalmide koristuspinna suurenemisest sellel ajal⁵. Selles on jäetud välja turbametsa hävitamine õlipalmide kasvatamise tõttu väljaspool kontsessioonide piire ja nende turbaalade võimalik ümberkujundamine, mida ümberkujundamise ajal ei metsastatud.

[Gunarso *et al.* 2013] teatasid õlipalmikasvatuse turbaaladele laiendamise anomaalselt väikesest osakaalust Malaisias (nende lisateabe kohaselt ainult 6 % aastatel 2000–2010). See jääb kaugemale allapoole muudest hinnangutest, isegi Malaisia omadest, nii et see arvati maha⁶.

Indoneesia kohta näitavad [Gunarso *et al.* 2013] lisaandmed, et 24 % õlipalmikasvatuse laiendamisest aastatel 2005–2010 toimus turbasoode aladele ja see näitaja kasvab ligi 26 %ni, kui arvata sisse turbasoost nn palja pinnase kaudu ümberkujundamine.

[Austin *et al.* 2017] teatavad, et Indoneesia õlipalmikasvatuse turbaaladele laiendamise osakaal oli ilma palja pinnasega korrigeerimata ligi 20 % kõikidel perioodidel, mida nad uurisid (1995–2015). Põhjus, miks Austini tulemused on teiste omadest väiksemad, on Indoneesia põllumajandusministeeriumi BBSDLP⁷ turbaalade kaardi kasutamine (H. Valin,

⁴ Miettinen *et al.* võtsid arvesse ainult küpsete õlipalmide piirkondi, nii et kõnesoleval juhul on asjakohane jagada kogu istutusala asemel küpsete palmide alaga. Kasutati USA põllumajandusministeeriumi välispõllumajanduse osakonna andmeid koristuspinna kohta, need viitavad tegelikult küpsele istutusale ja neid on kontrollitud teiste andmetega, nt õlipalmiistikut müügiga võrreldes. FAO andmed on vähem kasulikud, kuna need kajastavad näiteks koristuspinna ajutist vähenemist aastatel 2014–2015 üleujutuste tõttu Malaisias.

⁵ Istutusala andmeid selle piirkonna ja aja kohta ei leitud.

⁶ [Gunarso *et al.* 2013] vihjavad selgitusele: nad tegid turbaalale istutamise kindlaks ainult juhul, kui maa oli viis aastat varem märg turbasoo; kui see oli juba kuivendatud, muutus see muuks maakasutuse liigiks, nt paljaks pinnaseks. Soode muutmine õlipalmiistandusteks nõuab lisaks puude mahavõtmisele ka tiheda kuivenduskraavide võrgu rajamist ja pinnase tihendamist, mis pikendab aega selleni, kui õlipalmipuud on võimalik satelliidifotodel tuvastada. Kui Malaisia poolsaarel (kus on vähe turbaalasid) ei laiendatud aastatel 2005–2010 õlipalmikasvatust paljale pinnasele, siis Sarawakis toimus laiendamine 37 % ulatuses paljale pinnasele. Lisaks on kõrge määral, mis näitab turbasoo ümberkujundamist agrometsanduse alaks ja istandusteks ja seejärel agrometsanduse alast ja istandustest õlipalmiistandusteks üksteisele järgnevate viieaastaste perioodide jooksul, nii et lisaks arvestati varases faasis õlipalmiistandused võib-olla ekslikult agrometsanduse alaks või muude kultuuride istandusteks.

⁷ BBSDLP on Indoneesia põllumajandusmaa varude uurimis- ja arenduskeskus.

5. detsembri 2018. aasta erateade). BBSDLP kaart ei hõlma alasid, kus turba sügavus on alla 0,5 m⁸, ja see on osaliselt põhjus, miks see näitab 13,5 % väiksemat turbaala kui Wetlands Internationali kaardid, mis turbaalasid kohapealsete vaatlusuuringute kohaselt tõenäoliselt 10–13 % ulatuses alahindavad [Hooijer ja Vernimmen 2013]. [Hooijer ja Vernimmen 2013].

Kvantitatiivsed andmed õlipalmikasvatuse turbaaladele laiendamise osakaalu kohta ülejäänud maailmas ei ole kättesaadavad. Aastatel 2008–2015 toimus 9 % õlipalmikasvatuse laiendamisest Ladina-Ameerikas, 5 % ülejäänud Aasias ja 3 % Aafrikas. Lõuna-Ameerikas, eelkõige Peruu, Boliivias, Venezuelas ja Amazonase ääres, on märkimisväärsed troopilised turbaalad, kuid need ei ole olulised palmiõli tootmise piirkonnad. Maailma suurim troopiline turbasoo on Kongo jõe vesikonnas. Seal on antud juba vähemalt üks ülisuur palmiõli kontsessioon 470 000 hektarile (st 10 % kogu Malaisia õlipalmikasvatuse pindalast) ja see paikneb 89 % ulatuses turbaaladel [Dargie *et al.* 2018]. Kardetakse, et kui tootmise kasv Kagu-Aasia riikides aeglustub, voolab rohkem investeeringuid õlipalmikasvatuse arendamisse Aafrika ja Ladina-Ameerika turbaaladel.

Omistades kõige suurema kaalu [Miettinen *et al.* 2012, 2016] tulemustele, mida võib pidada kõige täiuslikumaks osaks teaduskirjandusest, ja eeldades, et ülejäänud maailmas turbaalasid palmide kasvatamiseks üldse ei kuivendata, saame kogu maailma puhul aastatel 2008–2011 interpoleeritud kaalutud keskmise hinnanguna tulemuseks 23 % suuruse õlipalmikasvatuse laiendamise turbaaladele.

Suhkruroog

Üle 80 % suhkrurookasvatuse laiendamisest aastatel 2008–2015 toimus Brasiilias.

[Cuypers *et al.* 2013] hindab, et 36 % suhkrurookasvatuse laiendamisest aastatel 1990–2008 toimus varem metsa all olnud aladele. See on analüüsi tähenduses tõenäoliselt ülehinnatud: metsade raadamine seostati metsamajandusega, karjamaade ja muude põllumajanduskultuuride kasvatuse laiendamisega *riiklikul tasandil*. Vähem seostati raadamist karjamaaga, sest selle puhul täheldati väga vähest netolaiendamist. Seevastu suhkrurookasvatust laiendati suurel määral ja seepärast seostati seda ulatusliku riikliku raadamisega. Kuid enamasti ei kattu Brasiilia piirkonnad, kus toimus suhkrurookasvatuse laiendamine, ulatusliku metsaraadamise aladega, ning seda [Cuypers *et al.* 2013] analüüsis ei käsitletud.

[Adami *et al.* 2012] teatasid, et ainult 0,6 % suhkrurookasvatuse laiendamisest Brasiilia kesk- ja lõunaosas toimus aastatel 2000–2009 metsaaladel. Kuigi selle piirkonna arvele langes ligikaudu 90 % ülemaailmsest suhkrurookasvatuse laiendamisest sellel ajavahemikul, esines Brasiilia teistes piirkondades mõningast laiendamist, mida kõnealune uuring ei hõlma.

[Sparovek *et al.* 2008] nõustasid, et aastatel 1996–2006 laiendati suhkrurookasvatust Brasiilia kesk- ja lõunaosas peaaegu eranditult karjamaadele või muude põllumajanduskultuuride kasvatamise aladele; veel 27 % laiendamisest toimus siiski perifeersetes piirkondades Amazonase bioomi ümbruses ja sees, kirdes ja Atlandi metsabioomis. Nendes perifeersetes piirkondades oli seos kohaliku omavalitsuse tasandil metsade hävitamise ja suhkrurookasvatuse laiendamise vahel. Dokumendis ei esitata siiski näitajaid metsaaladele laiendamise osakaalu kohta.

Selle tõttu ei olnud võimalik kirjandusest tuletada suhkruroost põhjustatud metsade raadamise osakaalu.

Mais

⁸ 0,5 m troopilist turvast sisaldab ligikaudu 250–300 tonni süsinikku hektari kohta, millest enamik vabaneks kuivendamisele järgneva esimese kümnendi jooksul.

Teraviljadest ei mõelda tavaliselt kui metsade raadamise põhjustajast, kuna enamik tootmisest toimub parasvöötmes, kus metsade raadamine on üldjuhul tagasihoidlik. Mais on siiski ka troopiline põllumajanduskultuur, mida sageli kasvatavad väiketalunikud ja mida suurtes põllumajandusettevõtetes kasvatatakse külvikorras tihtipeale ka vaheldumisi sojaoaga. Ebaproportsionaalne osa maisikasvatuse laiendamisest toimub troopilistes piirkondades, kus metsade raadamine on tavalisem ja süsihappegaasi tekitav.

% maisikasvatuse laiendamisest maailmas aastatel 2010-2015	
Hiina	29,8%
Brasiilia	11,6%
Angola	10,5%
Nigeeria	9,8%
Argentina	8,9%
Venemaa Föderatsioon	7,0%
Mali	3,1%
Mehhiko	1,7%
Kamerun	1,6%
muud riigid (peamiselt arengumaad)	16%
KAALUTUD KESKMINE SAAGIKUS 2010-2015 (t/ha)	3,94

Hiinas koondus laiendamine vähetähtsale maa-alale riigi kirdeosas [Hansen 2017], kus metsa asemel on ilmselt põhiliselt stepi rohumaad. Brasiilias ja Argentinas toimunud laiendamisele võib omistada sama metsade raadamise osakaalu nagu sojale Brasiilias. [Lark *et al.* 2015] leidsid, et USA maisikasvatuse laiendamisest aastatel 2008–2012 toimus 3 % metsade, 8 % võsa ja 2 % märgalade arvel. Sellele vaatamata on raske anda ülemaailmset hinnangut, uurimata üksikasjalikult, mis igas riigis toimub.

- [Abood *et al.* 2015] Abood, S. A., Lee, J. S. H., Burivalova, Z., Garcia-Ulloa, J., & Koh, L. P. (2015). *Relative Contributions of the Logging, Fiber, Palm oil, and Mining Industries to Forest Loss in Indonesia*. *Conservation Letters*, 8(1), 58–67. <http://doi.org/10.1111/conl.12103>
- [Adami *et al.* 2012] Adami, M., Rudorff, B. F. T., Freitas, R. M., Aguiar, D. A., Sugawara, L. M., & Mello, M. P. (2012). Remote Sensing Time Series to Evaluate Direct Land Use Change of Recent Expanded Sugarcane Crop in Brazil. *Sustainability*, 4, 574–585. <http://doi.org/10.3390/su4040574>
- [Agroicone 2018] Moriera, A., Arantes, S., and Romeiro, M. (2018). RED II information paper: assessment of iLUC risk for sugarcane and soybean biofuels feedstock. Agroicone, Sao Paulo 2018.
- [Austin *et al.* 2017] Austin, K. G., Mosnier, A., Pirker, J., McCallum, I., Fritz, S., & Kasibhatla, P. S. (2017). Shifting patterns of palm oil driven deforestation in Indonesia and implications for zero-deforestation commitments. *Land Use Policy*, 69 (August), 41–48. <http://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.08.036>
- [Carlson *et al.* 2013] Carlson, K. M., Curran, L. M., Asner, G. P., Pittman, A. M., Trigg, S. N., & Marion Adeney, J. (2013). Carbon emissions from forest conversion by Kalimantan palm oil plantations. *Nature Clim. Change*, allikas <https://www.nature.com/nclimate/journal/v3/n3/pdf/nclimate1702.pdf>.
- [Curtis *et al.* 2018] Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., & Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108–1111. <http://doi.org/10.1126/science.aau3445>
- [Cuypers *et al.* 2013] Cuypers, D., Geerken, T., Gorissen, L., Peters, G., Karstensen, J., Prieler, S., van Velthuisen, H. (2013). The impact of EU consumption on deforestation : Comprehensive analysis of the impact of EU consumption on deforestation. European Commission. <http://doi.org/10.2779/822269>
- [Dargie *et al.* 2018] Dargie, G.C., Lawson, I.T., Rayden, T.J. et al. Mitig Adapt Strateg Glob Change (2018). <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9774-8>
- [FAOstat 2008], Food and Agriculture Organization of the United Nations, Searchable database of crop production statistics, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- [Fehlenberg *et al.* 2017] Fehlenberg, V., Baumann, M., Gasparri, N. I., Piquer-Rodriguez, M., Gavier-Pizarro, G., & Kuemmerle, T. (2017). The role of soybean production as an underlying driver of deforestation in the South American Chaco. *Global Environmental Change*, 45(aprill), 24–34. <http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.05.001>
- [Furumo & Aide 2017] Furumo, P. R., & Aide, T. M. (2017). Characterizing commercial palm oil expansion in Latin America: land use change and trade. *Environmental Research Letters*, 12(2), 024008. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/aa5892>
- [Gaveau 2016] Gaveau, D.L.A., Sheil, D., Husnayaen, Salim, M.A., Arjasakusuma, S., Ancrenaz, M., Pacheco, P., Meijaard, E., 2016. Rapid conversions and avoided deforestation: examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo. *Nature - Scientific Reports* 6, 32017.
- [Gaveau 2018] Gaveau, D.L.A., Locatelli, B., Salim, M.A., Yaen, H., Pacheco, P. and Sheil, D. Rise and fall of forest loss and industrial plantations in Borneo (2000–2017). *Conservation Letters*. 2018;e12622. <https://doi.org/10.1111/conl.12622>

[Gibbs *et al.* 2015] Gibbs, H. K., Rausch, L., Munger, J., Schelly, I., Morton, D. C., Noojipady, P., Walker, N. F. (2015). Brazil's Soy Moratorium: Supply-chain governance is needed to avoid deforestation. *Science*, 347(6220), 377–378. <http://doi.org/10.1126/science.aaa0181>.

[Graesser *et al.* 2015] Graesser, J., Aide, T. M., Grau, H. R., & Ramankutty, N. (2015). Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America. *Environmental Research Letters*, 10(3), 034017. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034017>

[Gunarso *et al.* 2013] Gunarso, P., Hartoyo, M. E., Agus, F., & Killeen, T. J. (2013). *Palm oil and Land Use Change in Indonesia, Malaysia and Papua New Guinea*. RSPO. <http://doi.org/papers2://publication/uuid/76FA59A7-334A-499C-B12D-3E24B6929AAE>
Lisamaterjalid: <https://rspo.org/key-documents/supplementary-materials>

[Hansen *et al.* 2017] Hansen, J., M.A. Marchant, F. Tuan, and A. Somwaru. 2017. „U.S. Agricultural Exports to China Increased Rapidly Making China the Number One Market“. *Choices*. Q2. <http://www.choicesmagazine.org/choices-magazine/theme-articles/us-commodity-markets-respond-to-changes-in-chinas-ag-policies/us-agricultural-exports-to-china-increased-rapidly-making-china-the-number-one-market>

[Henders *et al.* 2015] Henders, S., Persson, U. M., & Kastner, T. Trading forests: Land-use change and carbon emissions embodied in production and exports of forest-risk commodities. *Environmental Research Letters*, 10(12), 125012. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/10/12/125012>

[Hooijer ja Vernimmen 2013] Hooijer, A. ja Vernimmen, R. 2013. „Peatland maps: accuracy assessment and recommendations” Report by Deltares & Euroconsult Mott MacDonald for Implementation of Agentschap NL 6201068 QANS Lowland Development edepot.wur.nl/251354

[Jusys 2017] Jusys, T. (2017). A confirmation of the indirect impact of sugarcane on deforestation in the Amazon, *Journal of Land Use Science*, 12:2-3, 125–137, DOI: 10.1080/1747423X.2017.1291766

[Lark *et al.* 2015] Lark, T. J., Salmon, M. J., & Gibbs, H. (2015). Cropland expansion outpaces agricultural and biofuel policies in the United States. *Environmental Research Letters*. 10. 10.1088/1748-9326/10/4/044003.

[LCAworks 2018] Strapasson, A., Falcao, J., Rossberg, T., Buss, G., and Woods, J. Land use Change and the European Biofuels Policy: the expansion of oilseed feedstocks on lands with high carbon stocks. Technical report prepared by LCAworks Ltd., in collaboration with Sofiproteol, France.

[Machado *et al.* 2012] Macedo, M. N., DeFries, R. S., Morton, D. C., Stickler, C. M., Galford, G. L., & Shimabukuro, Y. E. (2012). Decoupling of deforestation and soy production in the southern Amazon during the late 2000s. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 109(4), 1341–6. <http://doi.org/10.1073/pnas.1111374109>

[Malins. 2017] Malins, C. (2017). For peat's sake - Understanding the climate implications of palm oil biodiesel. Cerulogy and Rainforest Foundation Norway, London 2017. Allikas <http://www.cerulogy.com/uncategorized/for-peats-sake/>

[Malins 2018] Malins, C. (2018). *Driving deforestation: the impact of expanding palm oil demand through biofuel policy*, London 2018. Allikas: <http://www.cerulogy.com/palm-oil/driving-deforestation/>

[Meijaard *et al.* 2018] Meijaard, E., Garcia-Ulloa, J., Sheil, D., Wich, S.A., Carlson, K.M., Juffe-Bignoli, D., and Brooks, T. . (2018). Palm oil and biodiversity. <http://doi.org/https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.11.en>

[Miettinen *et al.* 2012] Miettinen, J., Hooijer, A., Tollenaar, D., Page, S. E., & Malins, C. (2012). Historical Analysis and Projection of Palm oil Plantation Expansion on Peatland in Southeast Asia. Washington, D.C.: International Council on Clean Transportation.

[Miettinen *et al.* 2016] Miettinen, J., Shi, C., & Liew, S. C. (2016). Land cover distribution in the peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra and Borneo in 2015 with changes since 1990. *Global Ecology and Conservation*, 6, 67–78. <http://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.02.004>

[Morton *et al.* 2006] Morton, D. C., DeFries, R. S., Shimabukuro, Y. E., Anderson, L. O., Arai, E., del Bon Espirito-Santo, F., ... Morissette, J. (2006). Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(39), 14637–14641. <http://doi.org/10.1073/pnas.0606377103>

[Omar *et al.* 2010] Omar, W., Aziz, N. A., Mohammed A. T., Harun, M. H. ja Din, A. K.; Mapping of oil palm cultivation on peatland in Malaysia, Malaysian Palm Oil Board Information series 529, MPOB TT No. 473, June 2010. ISSN 1511-7871.

[Page *et al.* 2011] Page, S. E., Morrison, R., Malins, C., Hooijer, A., Rieley, J. O. Jaujiainen, J. (2011). Review of Peat Surface Greenhouse Gas Emissions from Palm oil Plantations in Southeast Asia. *Indirect Effects of Biofuel Production*, (15), 1–77.

[Richards *et al.* 2017] Richards, P. D., Arima, E., VanWey, L., Cohn, A., & Bhattarai, N. (2017). Are Brazil's Deforesters Avoiding Detection? *Conservation Letters*, 10(4), 469–475. <http://doi.org/10.1111/conl.12310>

[SARVision 2011] SARVision. (2011). Impact of palm oil plantations on peatland conversion in Sarawak 2005-2010, (jaanuar 2011), 1–14. <http://archive.wetlands.org/Portals/0/publications/Report/Sarvision%20Sarawak%20Report%20Final%20for%20Web.pdf>

[Searle & Giuntoli 2018] Searle, A. S., and Giuntoli, J. (2018). Analysis of high and low indirect land-use change definitions in European Union renewable fuel policy.

[Sparovek *et al.* 2008] Sparovek, G.; A. Barretto; G. Berndes; S. Martins; ja Maule, R. (2008). „Environmental, land-use and economic implications of Brazilian sugarcane expansion 1996–2006“. *Mitigation and Adaption Strategies for Global Change*, 14(3), p. 285.

[USDA 2008] United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. Searchable database of Production, Supply and Distribution data of crops. <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/app/index.html#/app/advQuery>

[Vijay *et al.* 2016] Vijay, V., Pimm, S. L., Jenkins, C. N., Smith, S. J., Walker, W., Soto, C., ... Rodrigues, H. (2016). The Impacts of Palm oil on Recent Deforestation and Biodiversity Loss. *PLOS ONE*, 11(7), e0159668. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0159668>

[Waroux *et al.* 2016] Waroux, Y., Garrett, R. D., Heilmayr, R., & Lambin, E. F. (2016). Land-use policies and corporate investments in agriculture in the Gran Chaco and Chiquitano. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(15), 4021–4026. <http://doi.org/10.1073/pnas.1602646113>

[Yousefi *et al.* 2018]. Yousefi, A., Bellantonio, M., ja Hurowitz, G., The avoidable Crisis, Mighty Earth, Regnskogfondet and FERN, March 2018, <http://www.mightyearth.org/avoidablecrisis/>

2. LISA

ET

ET

GIS-ANALÜÜS

1.

Meetod

Selleks et hinnata metsade raadamist ja asjaomaseid heitkoguseid, mis on seotud biokütuse tootmiseks sobivate põllumajanduskultuuride kasvatusel laiendamisega alates 2008. aastast piirkondadesse, kus puuvõrade liitus ületab 10 %, kasutati georuumilist modelleerimist, et ühendada Global Forest Watchi (GFW) metsade raadamise kaart MapSPAMi ja EarthStati põllumajanduskultuuride liikide kaartidega. Allpool tabelis on esitatud lähenemisviisi täiendavate üksikasjade kokkuvõte ja analüüsis kasutatud andmeallikad. Analüüsi tegemisel kasutati pikslisuurusena ligikaudu 100 hektarit ekvaatoril.

Andmeallikad

Põllumajanduskultuuride andmed

Praegusel ajal ei ole olemas üleilmselt ühtseid kaarte, mis näitavad kõikide biokütuse tootmiseks sobivate kultuuride kasvatusel laiendamist eraldi, kuigi on käimas uuringud, et saavutada see õlipalmi ja sojaõli kohta satelliitkujutiste tõlgendamise kaudu. Analüüsimisel tuginesime üheaastaste üksikkultuuride kaartide saamiseks kahele allikale: MapSPAM (IFPRI ja IASA 2016), kuhu on kogutud 42 põllumajanduskultuuri ülemaailmne jaotus 2005. aastal⁹, ning EarthStat (Ramankutty *et al.* 2008), mis kaardistab põllumajanduskultuure ja karjamaad 2000. aastal. Põllumajanduskultuuride andmete mõlemad allikad põhinevad lähenemisviisidel, mis ühendavad mitmekesised ruumiliselt selged sisendandmed, et anda usaldusväärseid hinnanguid põllumajanduskultuuride ülemaailmse jaotuse kohta. Sisendandmed hõlmavad tootmisstatistikat (piirkondlike) haldusüksuste ulatuses, satelliitkujutiste alusel koostatud erinevaid maakatte kaarte ning kohalikul maastikul, kliimal ja mullatingimustel põhinevaid põllumajanduskultuuride sobivuse kaarte.

Võttes arvesse ajakohastatud ülemaailmsete kaartide puudumist üksikkultuuride kohta ning ühtse teabe puudumist nende kasvatusel laiendamise kohta aja jooksul, on meie analüüsis kasutatud põhieeldus see, et metsade täielikku raadamist ja asjaomaseid kasvuhoonegaaside heitkoguseid, mis on piirkonnas alates 2008. aastast tekkinud, võib seostada konkreetse põllumajanduskultuuriga, võttes aluseks iga põllumajanduskultuuri all oleva proportsionaalse ala võrreldes kogu põllumajandusmaa pindalaga (kaasa arvatud karjamaa), mis on olemas põllumajanduskultuuri kaardi samas pikslis.

Metsade raadamise andmed

Metsade raadamist käsitleva analüüsi aluseks võtsime ülemaailmse metsakatte iga-aastase hävitamise kohta avaldatud kaardid, mis on tuletatud Landsati satelliidivaatlustest ja mis on aastate 2001–2017 kohta kättesaadavad Global Forest Watchi kaudu. Metsakatte hävitamise andmed on kättesaadavad 30meetrise resolutsiooniga või pikslisuurusel 0,09 hektarit. Hansen *et al.* (2013) esialgsed metsakatte hävitamise andmed ei erista alalist ümberkujundamist (st metsade raadamist) metsakatte ajutisest hävitamisest metsanduse või metsapõlengu tagajärjel. Seetõttu kaasasime käesolevasse analüüsi ainult metsakatte hävitamise pikslite selle alajaotuse, mis langeb piirkondadesse, kus valitses *toorainetest*

⁹ 4. jaanuaril 2019. aastal, vahetult pärast käesoleva analüüsi lõpetamist, avaldati MapSPAMi ajakohastatud andmed 2010. aasta kohta.

ajendatud metsade raadamine, nagu seda on 10kilomeetrise resolutsiooniga kaardistanud Curtis *et al.* (2018)¹⁰. Seega jäeti analüüsist välja alad, kus valitsesid muud ajendid, näiteks metsandus või vahelduvviljelus. *Toorainetest ajendatud metsade raadamine* klassis võeti analüüsimisel arvesse ainult üle 10protsendilise metsakattega piksleid, kus metsakatte protsent tähendab puuvõrade liituse tihedust maapinna kohal 2000. aastal. Võttes arvesse RED2 konkreetseid kriteeriume (vt eespool tausta osas esitatud punktid b ja c), jagati analüüsitulemused metsade raadamiseks aastatel 2008–2015 üle 30protsendilise metsakattega aladel ja 10–30protsendilise metsakattega aladel.

Curtis *et al.* (2018) juhivad tähelepanu sellele, et maastiku puhul võib igal ajahetkel esineda mitu metsa hävimise ajendit ning valitsev ajend võib 15aastase uuringuperioodi jooksul aastati erineda; nende mudelis arvestati ainult ühte valitsevat ajendit, mis põhjustas enamiku metsakatte hävimisest kõnealusel maastikul uuringuperioodi jooksul. Üks selles analüüsis kasutatud eeldus oli, et aladel, kus valitses *toorainetest ajendatud metsade raadamine*, toimus metsakatte hävitamine uute põllumajandusmaade laienemise eesmärgil. See eeldus kaldub ülehindama toorainena kasutatavate kultuuride mõju kõnealustes pikslites. Teiselt poolt võib põllumajandus laieneda ka aladel, kus valitseb vahelduvviljelus või metsandus; Curtis *et al.* (2018) kaardi muud klassid, mis meie analüüsist välja jäeti. See tähendab, et selle meetodi korral võidakse põllumajanduskultuuridest tingitud metsade raadamist alahinnata. Analüüsi kaasatud üheksa põllumajanduskultuuri jalajälje pindalad langesid peamiselt toorainetest ajendatud metsade raadamine klassi ja seetõttu eeldati, et sellest klassist väljapoole jäävatel põllumajanduskultuuride pindaladel oli väike pindalasuhe (vt allpool põllumajanduskultuuride jaotuse mudel) ja seetõttu peaks nende alade panus kogutulemusse olema väike.

Turbaalade andmed

Turbaalade ulatuse määramisel kasutati samu kaarte nagu Miettinen *et al.* (2016), kes kaardistasid maakatte muutused aastatel 1990–2015 Malaisia poolsaare, Sumatra ja Borneo turbaaladel. Sumatra ja Kalimantani puhul kaasasid Miettinen *et al.* (2016) turba Wetlands Internationali 1 : 700 000 turbaalade atlased (Wahyunto *et al.* 2003, Wahyunto *et al.* 2004), kus turvas on määratletud järgmiselt: „orgaanilise aine, näiteks taimejäänuste pika ajaperioodi jooksul kogunemise tagajärjel moodustunud pinna-“. Turbamuld on üldjuhul aasta ringi vettinud või üle ujutatud, kui seda ei kuivendata. Wahyunto ja Suryadiputra (2008) kohaselt kasutati turbaalade atlases omakorda andmeid eri allikatest, kus kasutati turba jaotuse kaardistamiseks esmajoones kujutisi (satelliit, radar ja aerofotode andmed) ning uuringut ja mulla kaardistamist. Malaisia puhul lähtuti turbast, mis on esitatud Euroopa mullakaartide digiarhiivis (Selvaradjou *et al.* 2005).

Õlipalmikasvatuse turbaaladele laiendamisest põhjustatud metsade raadamine analüüs tehti turba tähtsuse tõttu biokütuse tootmiseks kasvatatavate põllumajanduskultuuride üldises maakasutuses ja kasvuhoonegaaside heitkoguste seisukohast. Kasutades Miettinen *et al.* 2016 andmeid tööstusliku õlipalmikasvatuse laiendamise kohta, hinnati metsakatte hävitamise pindala enne teadaolevat õlipalmikasvatuse laiendamise aastat ajavahemikul 2008–2015.

Kasvuhoonegaaside heitkoguste andmed

Alates 2008. aastast metsade raadamisest põhjustatud heitkoguseid hinnati süsiniku kadumisena maapealsest biomassi kogumist. Heitkogused on väljendatud süsinikdioksiidi (Mt CO₂) megatonnidena.

¹⁰ Käimas on töö Curtis *et al.* (2018) uuringu ajakohastamiseks, et näidata valitsevaid ajendeid 2015. aasta järgsetel metsakatte hävimise aastatel.

Maapealse biomassi hävimisest põhjustatud heitkogused arvutati, asetades üksteise peale metsakatte hävimise kaardi (aastatel 2008–2015) ja maapealse elusa puitbiomassi kaardi 2000. aastal. Biomassi kaart, mille on koostanud Woods Hole Research Center ning mis on tuletatud satelliidi- ja kohapealse vaatluse andmetest, on kättesaadav Global Forest Watchi leheküljel. Eeldati, et kogu biomassi hävimine kujutab endast sihipärast atmosfääriheidet metsade mahavõtmisel, kuigi esineb puude hävitamise mõnede põhjustega seotud ajalisi nihkeid. Heitkogused on netohinnangute asemel pigem brutohinnangud, mis tähendab, et arvesse ei võetud metsa mahavõtmisele järgnevat maakasutust ja sellega seotud süsinikuväärtust. Maapealse biomassi süsiniku osakaaluks võeti 0,5 (IPCC 2003) ja süsinik teisendati süsinikdioksiidiks, kasutades teisendustegurit 44/12 või 3,67. Üks eelis pikslipõhise ja pidevate väärtustega metsa biomassi kaardi kasutamisel kategooriliste süsinikuvaru väärtuste omistamise asemel eri maakatte liikidele (nt mets, võsa, IPCC 1. määramistasandi väärtused jne) on see, et biomassi hävimise hindamiseks kasutatavad andmed on täielikult sõltumatud maakatte muutumise hindamiseks valitud maakatte kaardist.

Analüüsist jäeti välja heitkogused, mis on seotud muude süsinikukogumitega, nt maa-alune biomass (juured), lagupuit, praht ja mullasüsinik, kaasa arvatud turba lagunemine või põlengud.

Analüüsi ulatus

Ülemaailmse analüüsi ulatuse määramiseks asetati toorainetest ajendatud metsade raadamise kaart (Curtis *et al.* 2018) kohakuti huvipakkuvate biokütuse seisukohast oluliste kultuuridega (õlipalm, kookospähkel, nisu, rapsiseeme, mais, sojauba, suhkrupeet, päevalill ja suhkruroog). Analüüsis võeti arvesse ainult piksleid, mis sisaldasid ühes üheksast huvipakkuvast põllumajanduskultuurist ja mis olid seotud toorainetest ajendatud metsade raadamise klassiga.

Põllumajanduskultuuride liigitamise mudel

Metsade täielik raadamine ja heitkogused antud ühekilomeetrises pikslis liigitati eri huvipakkuvate biokütuse tootmiseks sobivate kultuuride alla, võttes aluseks iga pikslis esineva kultuuri osakaalu („kultuur X“, nt soja) võrreldes pikslis sisalduva põllumajandusmaa kogupindalaga, mis on siin määratletud põllumajandusmaa ja karjamaa summana. Sel viisil oli iga biokütuste tootmiseks sobiva põllumajanduskultuuri panus piksli põllumajanduslikku kogujalajälge aluseks sellega seotud metsade raadamise ja kasvuhoonegaaside heitkoguste jalajälje liigitamisel.

Kuna üks ja üleilmselt ühtne ning põllumajanduskultuuri liigi alusel liigitatud põllumajandusmaa kaart ei olnud kättesaadav, kasutasime kaheastmelist protsessi, et hinnata ligikaudu iga biokütuste tootmiseks sobiva huvipakkuva kultuuri suhtelist rolli metsade raadamises ja heitkogustes kõnealuses asukohas (valem 1) Esimese sammuna kasutasime põllumajanduskultuuride andmeid kõige hilisema kättesaadava aasta kohta (MapSPAM, 2005. aasta), et arvutada põllumajanduskultuuri X suhe kogu põllumajandusmaasse piksli sees. Teise sammuna kasutasime EarthStati andmeid (2000. aasta), et arvutada kogu põllumajandusmaa suhe kogu karjamaasse + põllumajandusmaasse piksli sees. (EarthStati andmeid kasutati, kuna MapSPAM ei sisalda karjamaa kaarte ja karjamaa laiendamisel on metsade raadamise dünaamikas samuti oma osa.) Nende kahe sammu ühendamine võimaldas hinnata ligikaudu põllumajanduskultuuri X suhtelist panust põllumajandusmaa kogujalajälge antud pikslis, selle asemel et kasutada eri ajavahemikest pärit erinevaid andmeallikaid.

Valem 1:

$$\frac{\text{MapSpam Crop X (2005)}}{\text{MapSPAM total crop area (2005)}} \times \frac{\text{Earthstat total crop area (2000)}}{\text{Earthstat total crop + pasture area (2000)}} = \frac{\text{Crop X}}{\text{crop + pasture}}$$

Lõplikud arvutused

Pärast põllumajanduskultuuri liigituskaartide loomist iga huvipakkuva biokütuste tootmiseks sobiva põllumajanduskultuuri kohta korrutasime metsade koguraadamise ja kasvuhoonegaaside heitkogused põllumajanduskultuuri X suhtega igas ühekilomeetrises pikslis ja arvutasime ülemaailmse kokkuvõtliku statistika, mis on liigitatud metsade raadamise ja heitkoguste alusel, mis esinevad üle 30protsendilise võrade liituse tihedusega maa-alal ja 10–30protsendilise võrade liituse tihedusega maa-alal.

GISi tulemused näitavad, et aastatel 2008–2015 on kaheksa kalendriaasta jooksul täheldatud metsade raadamist, mis on seotud eri põllumajanduskultuuridega. Selleks et näha, kui suur protsent põllumajanduskultuuri kasvatusel laiendamisest on seotud metsade raadamisega, jagati nendel aastatel raadatud metsade kogupindala põllumajanduskultuuride all oleva pindala vastava suurenemisega. Võtmaks arvesse, et põllumajanduskultuur võib endiselt põhjustada metsade raadamist isegi juhul, kui üldine ülemaailmne põllumajanduskultuuride pindala väheneb, kuid mõnes riigis suureneb, arvutati osakaalud kogu maailmas põllumajanduskultuuride all oleva pindala *brutosuurenemise* alusel, mis on põllumajanduskultuuride pindala suurenemine riikides, kus see ei vähenenud.

Edasi kohandati koristuspindade andmeid, et saada teavet istutusala kohta: aastaste põllumajanduskultuuride puhul eeldati, et põllumajanduskultuuri pindala on koristuspinna suurenemisega võrdne. Poolpüsik-kultuuride puhul võeti arvesse põllumajanduskultuuride selle pindala osakaalu, mida ei koristata, kuna taimed pole veel küpsust saavutanud. Suhkruroog tuleb umbes iga viie aasta järel taasistutada, aga saagikoristusi on ainult neli, kuna pärast esimest aastat on see endiselt ebaküps. Õlipalm taasistutatakse umbes iga 25 aasta järel ja see kannab vilja viimasel 22 aastal.

Enamiku põllumajanduskultuuride puhul kasutati andmebaasi [FAOstat 2008], mis näitab koristuspinda kalendriaasta alusel. Vaid õlipalmide jaoks valiti [USDA 2008] andmed, kuna selles esitatakse andmed kõikide küpsete õlipalmialade kohta, kaasa arvatud aastatel, kui koristust takistas üleujutus. Andmebaas sisaldab selle põllumajanduskultuuri puhul ka rohkem riike.

Tabel. Andmeallikate kokkuvõte WRI GIS-analüüsis

Andmekogum	Allikas
Metsa ja turba ulatus	
Metsakate 2000	Hansen <i>et al.</i> 2013
Turbaalad	Miettinen <i>et al.</i> 2016
Metsade raadamine	
Metsakatte hävitamine	Hansen <i>et al.</i> 2013 (+ GFW iga-aastased uuendused)
Toorainest ajendatud metsade raadamine	Curtis <i>et al.</i> 2018
Õlipalmikasvatuse laiendamine, 2000–2015 (metsade raadamise hindamiseks turbaaladel)	
Indoneesia, Malaisia	Miettinen <i>et al.</i> 2016
Kasvuhoonegaaside heitkogused	
Maapealne biomass	Zarin <i>et al.</i> 2016
Põllu- ja karjamaa ulatuse andmed	

MapSPAM piirkond)	(füüsikaline	IFPRI ja IIASA 2016
EarthStat		Ramankutty <i>et al.</i> 2008

Viited

Curtis, C., C. Slay, N. Harris, A. Tyukavina, M. Hansen. 2018. „Classifying Drivers of Global Forest Loss“. *Science* 361: 1108-1111. doi: 10.1126/science.aau3445.

Graesser, J., Aide, T. M., Grau, H. R., & Ramankutty, N. (2015). Cropland/pastureland dynamics and the slowdown of deforestation in Latin America. *Environmental Research Letters*, 10(3), 034017. <http://doi.org/10.1088/1748-9326/10/3/034017>Hansen, M. P. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. Stehman, S. Goetz, T. Loveland *et al.* 2013. „High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change“. *Science* 341: 850-853. doi: 10.1126/science.1244693.

International Food Policy Research Institute (IFPRI) and International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). 2016. „Global Spatially-Disaggregated Crop Production Statistics Data for 2005 Version 3.2“, *Harvard Dataverse* 9. doi: 10.7910/DVN/DHXBJX.

IPCC 2003: Penman J., M. Gytandky, T. Hiraishi, T. Krug, D. Kruger, R. Pipatti, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, Ngara, K. Tanabe *et al.* 2003. „Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry“. *Institute for Global Environmental Strategies for the IPCC*. Japan.

Miettinen, J., C. Shi, and S. C. Liew. 2016. „Land Cover Distribution in the Peatlands of Peninsular Malaysia, Sumatra, and Borneo in 2015 with Changes since 1990.“ *Global Ecology and Conservation* 6: 67–78. doi: [10.1016/j.gecco.2016.02.004](https://doi.org/10.1016/j.gecco.2016.02.004)

Ramankutty, N., A. Evan, C. Monfreda, and J. Foley. 2008. „Farming the planet: 1. Geographic distribution of global agricultural lands in the year 2000“. *Global Biogeochemical Cycles* 22. doi:10.1029/2007GB002952.

Selvaradjou S., L. Montanarella, O. Spaargaren, D. Dent, N. Filippi, S. Dominik. 2005. „European Digital Archive of Soil Maps (EuDASM) – Metadata on the Soil Maps of Asia“. *Office of the Official Publications of the European Communities*. Luxembourg.

Wahyunto, S. Ritung, H. Subagio. 2003. „Maps of Area of Peatland Distribution and Carbon Content in Sumatra, 1990-2002“. *Wetlands International – Indonesia Programme & Wildlife Habitat*. Canada.

Wahyunto, S. Ritung, H. Subagio. 2004. „Maps of Area of Peatland Distribution and Carbon Content in Kalimantan, 1990-2002“. *Wetlands International – Indonesia Programme & Wildlife Habitat*. Canada.

Zarin, D., N. Harris, A. Baccini, D. Aksenov, M. Hansen, C. Azevedo-Ramos, T. Azevedo, B. Margono, A. Alencar, C. Gabris *et al.* 2016. „Can Carbon Emissions from Tropical Deforestation Drop by 50% in 5 Years?“ *Global Change Biology* 22: 1336-1347. doi: [10.1111/gcb.13153](https://doi.org/10.1111/gcb.13153)