

Implementering af handlingsplan mod afskovning – monitorering af ansvarlige og afskovningsfrie landbrugsråvarer i Danmark

- kaffe, kakao og naturgummi i et
livscyklusvurderingsperspektiv

Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug

Huayang Zhen, Ahmed Muhammad Waqas, Lisbeth Mogensen, Marie Trydeman Knudsen
Institut for Agroøkologi, Aarhus Universitet

Datablad

Titel:	Implementering af handlingsplan mod afskovning – monitorering af ansvarlige og afskovningsfrie landbrugsråvarer i Danmark: Kaffe, kakao og naturgummi i et livscyklusvurderingsperspektiv.
Forfattere:	Postdoc Huayang Zhen, Postdoc Ahmed Muhammad Waqas, Lektor Lisbeth Mogensen, Seniorforsker Marie Trydeman Knudsen, Institut for Agroøkologi, AU
Fagfællebedømmelse:	Professor Uffe Jørgensen, Institut for Agroøkologi, AU
Kvalitetssikring, DCA:	Anna Feldberg Marsbøll & Susanne Hansen, DCA Centerenheden, AU
Rekvisit:	Departementet, Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM)
Dato for bestilling/levering:	28.04.2022/22.12.2022
Journalnummer:	2022-0331338
Finansiering:	Besvarelsen er udarbejdet som led i "Rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening" indgået mellem Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri (FVM) og Aarhus Universitet under ID nr. 6.23 i "Ydelsesaftale Planteproduktion 2022-2025".
Ekstern kommentering:	Ja. Notatet har været til kommentering hos Departementet. Kommentarket kan findes via dette LINK .
Eksterne bidrag:	Data til Tabel 2, 3 og 4 er indkøbt fra Blonk Consultants (https://blonk-sustainability.nl/).
Kommentarer til bestilling:	Dette notat fra AU er et af to beslægtede notater udarbejdet af hhv. IFRO og AU.
Kommentarer til besvarelse:	Notatet præsenterer resultater, som ved notatets udgivelse ikke har været i eksternt peer review eller er publiceret andre steder. Ved en evt. senere publicering i tidsskrifter med eksternt peer review vil der derfor kunne forekomme ændringer.
Citeres som:	Zhen H, Waqas, MA, Mogensen L, Knudsen MT. 2022. Implementering af handlingsplan mod afskovning – monitorering af ansvarlige og afskovningsfrie landbrugsråvarer i Danmark: Kaffe, kakao og naturgummi i et livscyklusvurderingsperspektiv. 33 sider. Rådgivningsnotat fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet, leveret: 22.12.2022.
Rådgivning fra DCA:	Læs mere på https://dca.au.dk/raadgivning/

Baggrund

FVM Departementet har i en bestilling sendt til DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug ønsket fra AU's side:

Kortlægning af miljø- og klimaeffekter (beskrivelse af effekter i input-produktion, primær produktion, forarbejdning, transport) for importen af kaffe, kakao og naturgummi ud fra en LCA betragtning. Parametre herunder kan være afskovningsrisiko, pesticidforbrug m.v. Beskrivelse og kvalitativ vurdering af relevante LCA parametre (dvs. dem der ændres) i hhv. afskovningsfri og ikke-afskovningsfri kakao, kaffe, og naturgummi, og betragtninger ift. forskelle.

INDHOLDSFORTEGNELSE

Baggrund	3
1. Baggrund for LCA af kaffe, kakao og naturgummi	5
1.1 Ændringer i dyrket areal med kaffe, kakao og naturgummi.....	5
1.2 Arealændringer og emissioner fra afskovning.....	8
2. Livscyklusvurderinger af kaffe	14
2.1 Resultater fra LCA-databaser	14
2.2 Resultater fra videnskabelige artikler.....	15
3. Livscyklusvurderinger af kakao	18
3.1 Resultater fra LCA-databaser.....	18
3.2 Resultater fra videnskabelige artikler.....	19
4. Livscyklusvurderinger af naturgummi.....	22
4.1 Resultater fra videnskabelige artikler.....	22
5. Diskussion.....	22
5.1 Metodik	22
5.2 Skovrydning og skovrydningsfrie produkter.....	23
Supplerende data.....	24
Referencer.....	31

1. Baggrund for LCA af kaffe, kakao og naturgummi

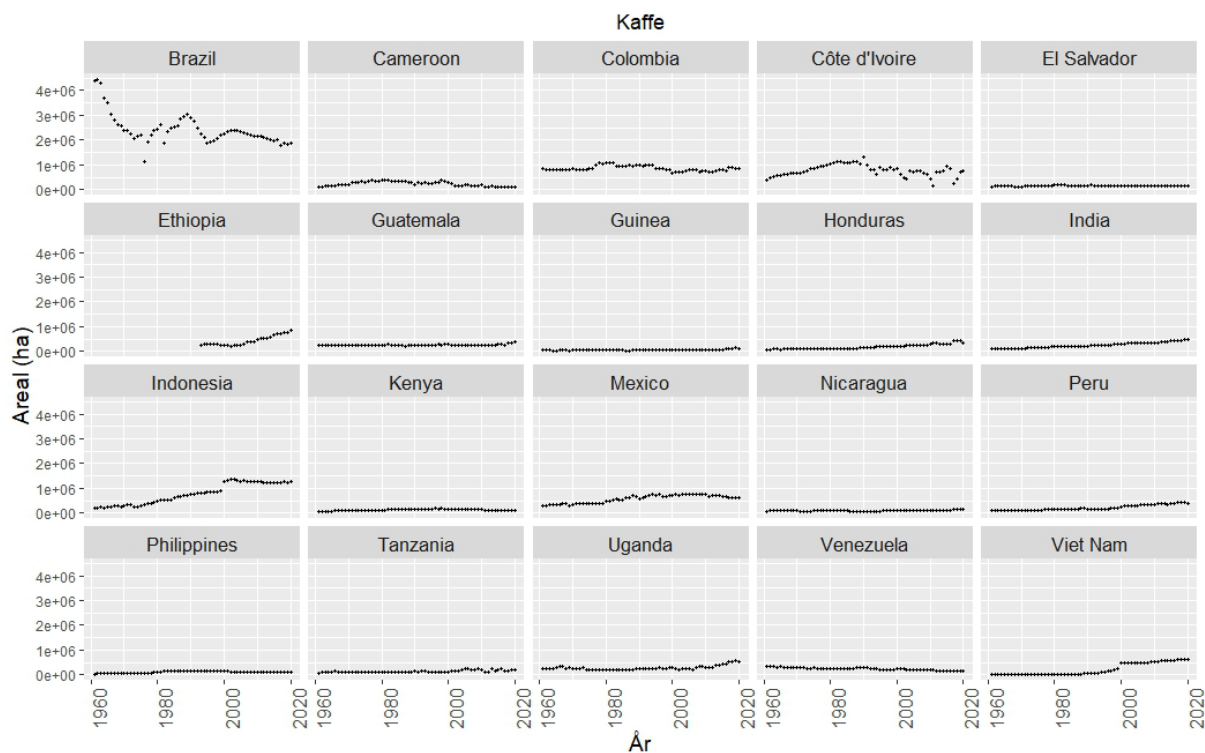
En livscyklusvurdering (LCA) af kaffe, kakao og naturgummi indebærer en estimering af klima- og miljøeffekter og inddrager alle betydende led af produktkæden helt tilbage til produktion af alle inputs til produktionen af kaffe, kakao og naturgummi. I livscyklusvurderingen estimeres emissioner fra alle led i kæden og kan opsummeres i produktets klimaaftryk, der er et udtryk for den klimabelastning, produktionen af et kg produkt har forårsaget. Det led i produktkæden, der har størst betydning i relation til afskovningsrisiko, er primærproduktionen. I primærproduktionen i de pågældende lande kan det areal, der pt. dyrkes med kaffe, kakao eller naturgummi, i visse tilfælde have været primær naturskov, der er blevet ryddet for at etablere produktionen. I en attributionel livscyklusvurdering vil emissionerne fra afskovningen blive inkluderet i landbrugsproduktets klimaaftryk og blive udtrykt som direkte arealændringer (dLUC, direct Land Use Change), hvilket er den samme tilgang der bliver brugt i Europa-Kommissionens Product Environmental Footprint (PEF), der er en harmonisering af LCA-metoden (European Commission, 2018). Se yderligere beskrivelse af LCA-metoder samt metoder til inddragelse af arealændringer (LUC) i Mogensen et al. (2022).

I de følgende afsnit vil der blive set nærmere på de LCA-studier, der er lavet for kaffe, kakao og naturgummi for at undersøge hvilke klima- og miljøeffekter der er afrapporteret, hvorvidt der er inkluderet emissioner fra afskovning, og hvilken størrelsesorden disse har i forhold til de øvrige emissioner. Dette kan danne baggrund for at diskutere, hvilken effekt afskovningsfri kaffe, kakao eller naturgummi vil have på produktets klimaaftryk. I første omgang er det dog vigtigt, at danne sig et overblik over hvor afskovning finder sted i relation til import og produktion af kaffe, kakao og naturgummi for at kunne verificere dLUC-tallene i livscyklusvurderingerne af kaffe, kakao og naturgummi.

1.1 Ændringer i dyrket areal med kaffe, kakao og naturgummi

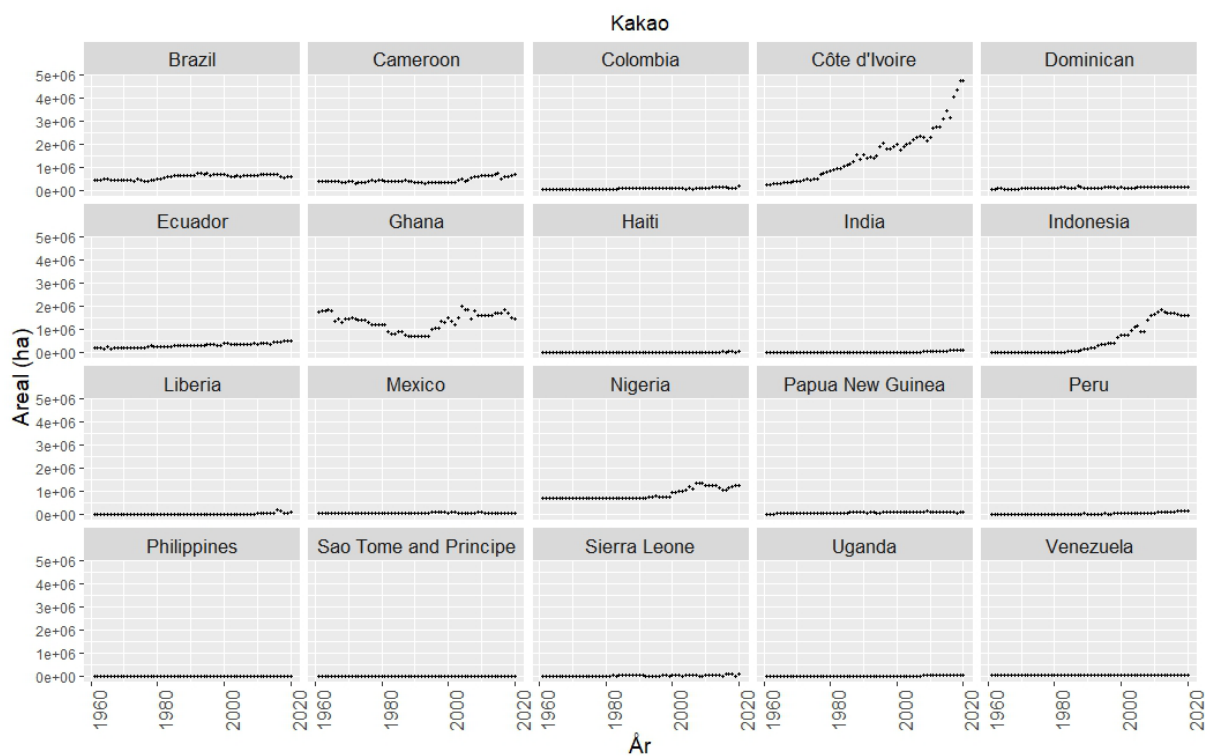
Generelt må det forventes, at det er i de lande, hvor der er sket en betydelige stigning i det dyrkede areal, at der er højere risiko for skovrydning. Hvorimod der i de lande, hvor det dyrkede areal er reduceret, må forventes en lavere risiko for skovrydning. Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at skovrydning er et resultat af en kompliceret dynamik, hvor udpinte jorde og klimaforandringer også kan forårsage arealændringer med skovrydning til følge.

Der ses i første omgang på, hvor i verden udvidelsen af arealet med kaffe, kakao og naturgummi har fundet sted baseret på FAOSTAT. Figur 1-3 viser udviklingen i høstarealet for de 20 lande, der tegner sig for hhv. 90, 99 og 99% af det globale areal med kaffe, kakao og naturgummi fra 1961-2020. Her ses bl.a., at arealet med kaffe er steget i Etiopien, hvorimod det er faldet i Brasilien (Figur 1) og for kakao ses det, at arealet i Elfenbenskysten er steget og er højt sammenlignet med de øvrige kakaoproducerende lande (Figur 2), hvorimod arealet med naturgummi især er steget i Thailand og Indonesien (Figur 3).



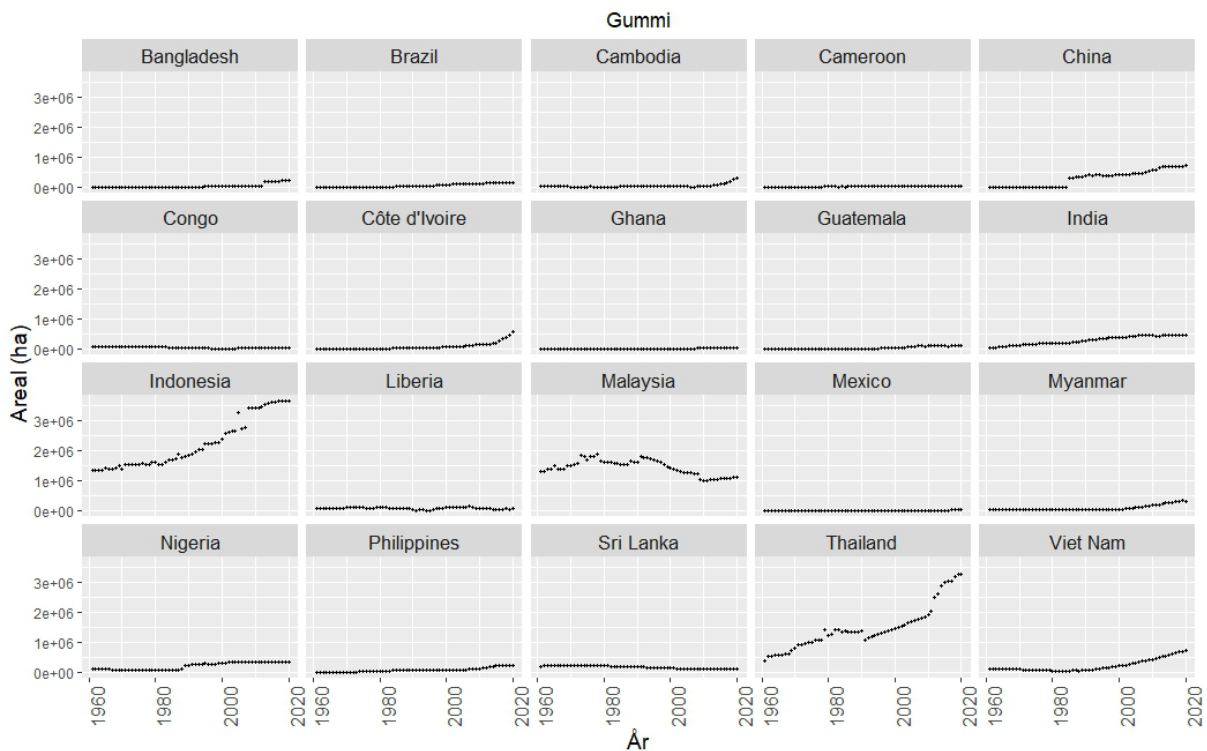
Figur 1 Ændringer i høstarealet med kaffe fra 1961 til 2020 i de 20 lande med de størst dyrkede arealer i 2020.

Datakilde: FAOSTAT (FAO, 2022) . De 20 lande er udvalgt baseret på høstarealet i 2020. Disse 20 lande tegnede sig for 91% af kaffearealet globalt i 2020.



Figur 2 Ændringer i høstarealet med kakao fra 1961 til 2020 i de 20 lande med de størst dyrkede arealer i 2020.

Datakilde: FAOSTAT (FAO, 2022) . De 20 lande er udvalgt baseret på høstarealet i 2020. Disse 20 lande tegnede sig for 99 % af kakaooarealet globalt i 2020.



Figur 3 Ændringer i høstarealet med naturgummi fra 1961 til 2020 i de 20 lande med de størst dyrkede arealer.

Datakilde: FAOSTAT (FAO, 2022) ; De 20 lande er udvalgt baseret på høstarealet i 2020. Disse 20 lande tegnede sig for 99 % af arealet dyrket med gummi globalt i 2020.

Her er det dog ikke synligt, hvorvidt det øgede areal med afgrøden er sket på bekostning af afskovning eller det har erstattet andre afgrøder på allerede dyrkede arealer, hvilket bliver behandlet senere i Tabel 2-4. Derudover er det især den sidste del af perioden, der er interessant i relation til risiko for skovrydning. Tabel 1 viser derfor ændringen i det dyrkede areal med kaffe, kakao og naturgummi fra 2000 til 2020, baseret på de samme data fra FAOSTAT (FAO, 2022) som i Figur 1-3.

Af Tabel 1 fremgår, at de fem lande, hvor der er sket den største udvidelse af arealet med kaffe er Etiopien (med en stigning på 0,61 mio. ha), Uganda (0,24 mio. ha), Colombia (0,17 mio. ha), Vietnam (0,16 mio. ha) og Indien (0,15 mio. ha). Modsat kan man se, at i otte lande er der et faldende areal med kaffedyrkning, især i Brasilien, Cameroun, Elfenbenskysten (Côte d'Ivoire) osv. Hvad angår dyrkning af kakao, så man i Elfenbenskysten (Côte d'Ivoire) den største arealstigning med 2,77 mio. ekstra ha, efterfulgt af Indonesien (0,83 mio. ha), Cameroun (0,32 mio. ha), Nigeria (0,30 mio. ha) og Peru (0,13 mio. ha) (Tabel 1). Omvendt er høstarealet med kakao faldet i Brasilien (-0,12 mio. ha), Ghana (-0,05 ha), Mexico (-0,02 mio. ha), Papua Ny Guinea (-0,005 mio. ha) og Venezuela (-0,005 mio. ha). Med hensyn til naturgummi steg det høstede areal med over en million ha i Thailand (1,83 mio. ha) og Indonesien (1,27 mio. ha), efterfulgt af de næststørste stigninger i arealet i Elfenbenskysten (Côte d'Ivoire) (0,51 mio. ha), Vietnam (0,50 mio. ha) og Kina (0,32 mio. ha).

Tabel 1 Ændringer i dyrket areal med kaffe, kakao og naturgummi i top-20 lande – dvs. de 20 lande med de største dyrkede arealer med de enkelte afgrøder i perioden fra 2000 til 2020.

Kaffe			Kakao			Gummi		
Land	Ændring i areal (2000-2020) (ha)	Areal i 2020 (ha)	Land	Ændring i areal (2000-2020) (ha)	Areal i 2020 (ha)	Land	Ændring i areal (2000-2020) (ha)	Areal i 2020 (ha)
Etiopien	606.592	856.592	Côte d'Ivoire	2.774.875	4.774.875	Thailand	1.830.595	3.292.671
Uganda	235.381	536.372	Indonesien	832.489	1.582.406	Indonesien	1.268.735	3.668.735
Colombia	169.402	844.744	Cameroun	323.214	694.539	Côte d'Ivoire	513.023	578.923
Vietnam	160.663	637.563	Nigeria	295.406	1.261.406	Vietnam	497.264	728.764
Indien	151.297	459.730	Peru	129.670	170.954	Kina	323.620	745.000
Peru	137.727	402.219	Ecuador	124.511	527.347	Cambodja	276.782	310.877
Honduras	110.193	320.962	Colombia	105.233	188.371	Myanmar	262.039	323.956
Guatemala	91.290	364.290	Sierra Leone	92.513	132.513	Bangladesh	195.251	218.251
Tanzania	84.976	199.976	Indien	81.815	98.000	Filippinerne	149.687	230.723
Nicaragua	41.553	149.418	Liberia	63.997	87.997	Guatemala	69.800	110.400
Guinea	39.384	92.449	Uganda	57.092	70.809	Brasilien	69.254	163.254
Indonesien	3.644	1.264.331	Haiti	21.598	30.598	Indien	57.370	457.370
El Salvador	-20.564	141.626	Dominikanske	19.737	172.956	Ghana	45.090	57.955
Filippinerne	-23.656	113.265	Filippinerne	19.222	31.299	Nigeria	37.416	367.416
Kenya	-50.300	119.700	Sao Tome og Principe	6.747	30.747	Congo	35.260	54.260
Venezuela	-64.056	162.807	Venezuela	-4.594	52.050	Mexico	20.745	33.038
Mexico	-65.322	636.004	Papua Ny Guinea	-4.754	93.246	Cameroun	16.224	56.101
Côte d'Ivoire	-72.872	756.447	Mexico	-22.425	58.598	Liberia	-18.500	86.500
Cameroun	-177.662	116.564	Ghana	-49.551	1.450.449	Sri Lanka	-20.762	137.288
Brasilien	-369.729	1.898.239	Brasilien	-117.464	588.501	Malaysia	-323.819	1.106.861

Bemærk: Data fra FAOSTAT (FAO, 2022) ; Top 20 lande er baseret på høstarealet i 2020.

1.2 Arealændringer og emissioner fra afskovning

Det er således synliggjort, hvordan dyrkningsarealerne har udviklet sig og hvilke lande, der står for de største arealer og den største stigning i høstarealet af kaffe, kakao og naturgummi. Hvorvidt denne udvidelse af arealerne er på bekostning af afskovning eller på allerede dyrkede arealer, hvor det erstatter andre enårige eller flerårige afgrøder er ikke synligt i de ovenfor præsenterede tal (Figur 1-3 og Tabel 1). Et estimat på dette samt et estimat på de resulterende emissioner fra afskovning (dLUC) ved dyrkning af kaffe, kakao og naturgummi i forskellige lande er givet i "LUC Impact-datasættet" fra Blonk Sustainability (2022), hvilket er emissionsdata, der kan bruges direkte ind i en livscyklusvurdering. Beregningerne er baseret på PAS2050 (BSI, 2011), som er den mest anvendte tilgang til dLUC, og den metode, der skal anvendes til arealændringer (LUC) ifølge EU's Product Environmental Footprint (PEF) guidelines (European Commission, 2018). Datasættet er blevet opdateret næsten hvert år siden den første udgivelse i 2014 i forhold til data og metodemæssige opdateringer. Datasættet 'LUC Impact' fra Blonk Sustainability (2022) viser således nogle af de mest opdaterede data om arealudvidelse og den tilhørende kulstofemissioner (dLUC).

Tabel 2, 3 og 4 viser data fra dette datasæt for hhv. kaffe, kakao og naturgummi. Her er vist en rangliste af de lande, hvor andel af arealudvidelse, der er sket som følge af skovrydning er størst. Der er vist, hvor stor del af denne arealudvidelse, der er sket på bekostning af hhv. tidligere skov, græsarealer, arealer

Tabel 2 Arealudvidelse til kaffedyrkning, og opdeling på, om denne arealudvidelse er sket på bekostning af hhv. skov, græsarealer, flerårige eller etårige afgrøder, samt den årlige drivhusgasemission som følge heraf (dLUC – direkte arealændring). Landene er rangeret efter 'største andel udvidelse af kaffeareal på bekostning af skov' (%) (skovrydning) (1-20) og samtidig er angivet rangering i forhold til eksportmængde af kaffe til EU (1-15). Baseret på data fra Blonk Sustainability (2022).

Rangeres efter skovrydning	Rangér efter im-portmængde	Land	Udvidelse af dyrket kaffeareal (%)	Udvidelse på bekostning af skov (%)	Udvidelse på bekostning af græsarealer (%)	Udvidelse på bekostning af flerårige afgrøder (%)	Udvidelse på bekostning af en-årige afgrøder (%)	dLUC, vægtet gennemsnit (t CO ₂ eq ha ⁻¹ år ⁻¹)
1	10	Etiopien	66,23	64,12	0	0,02	2,09	7,43
2	-	Myanmar	66,84	62,15	0	0	4,69	5,86
3	-	Congo	58,91	58,71	0	0,13	0,06	13,21
4	-	Guinea	55,54	55,44	0	0	0,09	6,11
5	-	Lao	66,10	53,52	8,95	0,08	3,54	4,40
6	-	Den Centralafrik. Republik	56,00	41,46	0	1	13,54	8,34
7	12	Tanzania	41,94	41,32	0	0,04	0,58	1,75
8	-	Zambia	44,60	40,81	0	0	3,79	1,18
9	9	Peru	47,72	38,67	0	0,30	8,75	7,89
10	-	Angola	35,37	35,30	0	0	0,07	0,53
11	4	Honduras	47,52	32,71	0	2,39	12,42	2,77
12	3	Uganda	47,99	30,23	0	1,09	16,67	1,55
13	-	Belize	46,26	29,33	0	14,70	2,23	5,49
14	-	Malawi	34,07	28,78	0	0,16	5,13	1,53
15	-	Comorerne	32,90	28,17	0	4,49	0,24	0,84
16	11	Nicaragua	32,20	26,67	0	0,03	5,50	1,25
17	-	Surinam	26,67	23,65	0,87	1,05	1,11	7,99
18	-	Cambodja	21,70	21,65	0	0,01	0,04	1,34
19	-	Dominica	33,23	20,13	0	12,46	0,64	1,34
20	8	Indonesien	20,02	16,96	0,29	0,06	2,7	2,12
-	1	Brasilien	0	0	0	0	0	0
-	2	Vietnam	48,69	0	0	1,60	11,33	0
-	5	Colombia	11,85	4,23	1,54	1,45	4,64	0,26
-	6	Indien	34,78	0	22,28	0	12,50	0
-	7	Schweiz	-	-	-	-	-	-
-	13	Mexico	0	0	0	0	0	0

Bemærk: Lande i de grå felter var de øverste top-13 kaffeeksporterende lande til EU '- ' betyder, at data ikke er tilgængelige i LUC Impact-datasættet. Disse data er Blonks intellektuelle ejendom. Enhver genbrug af data i et værktøj eller kommercielt projekt skal godkendes af Blonk. Send en e-mail til info@blonksustainability.nl for mere information.

Tabel 3. Arealudvidelse til kakaodyrkning, og opdeling på, om denne arealudvidelse er sket på bekostning af hhv. skov, græsarealer, flerårige eller etårige afgrøder, samt den årlige klimagas emission som følge heraf (dLUC – direkte arealændring). Landene er rangeret efter 'største andel udvidelse af kakaoareal på bekostning af skov' (%) (skovrydning) (1-20) og samtidig er angivet rangering i forhold til eksportmængde af kakao til EU (1-13). Baseret på data fra Blonk Sustainability (2022).

Rangeres efter skovrydning	Rangér efter im-portmængde	Land	Udvidelse af dyrket kakaoareal (%)	Udvidelse på bekostning af skov (%)	Udvidelse på bekostning af græsarealer (%)	Udvidelse på bekostning af flerårige afgrøder (%)	Udvidelse på bekostning af enårige afgrøder (%)	dLUC, vægtet gennemsnit (t CO ₂ eq ha ⁻¹ år ⁻¹)
1	-	Congo	74,97	74,73	0	0,17	0,08	16,81
2	-	Nicaragua	82,87	68,64	0	0,08	14,15	3,21
3	-	Tanzania	67,88	66,88	0	0,06	0,94	2,83
4	9	Peru	77,97	63,18	0	0,50	14,30	12,89
5	-	Liberia	76,82	60,98	0	15,84	0	10,16
6	11	Sierra Leone	60,89	60,08	0	0,8	0,01	1,91
7	10	Guinea	60,12	60,02	0	0	0,10	6,62
8	1	Côte d'Ivoire	58,90	56,89	0	1,88	0,13	5,93
9	6	Indonesien	61,95	52,48	0,90	0,20	8,37	6,55
10	-	Uganda	81,67	51,44	0	1,85	28,37	2,64
11	8	Dominica	78,78	47,72	0	29,53	1,52	3,19
12	-	Salomonøerne	45,91	45,90	0	0	0,01	3,12
13	-	Filippinerne	52,58	45,61	0	4,74	2,23	8,21
14	-	Madagaskar	64,40	43,42	0	9,36	11,62	6,68
15	4	Cameroun	43,50	40,60	0	2,88	0,01	10,49
16	-	Haiti	69,56	36,20	0	3,47	29,89	2,00
17	-	Bolivia	43,76	34,93	6,70	0,20	1,93	4,00
18	-	Comorerne	39,95	34,20	0	5,45	0,29	1,02
19	-	Angola	32,86	32,79	0	0	0,07	0,49
20	-	Den Centralafrikanske Republik	43,56	32,25	0	0,77	10,54	6,49
-	2	Ghana	10,50	6,16	3,35	0,13	0,85	0,43
-	3	Nigeria	34,69	26,88	0	0,29	7,51	3,21
-	5	Ecuador	35,42	0	0	20,51	14,90	0
-	7	Schweiz	-	-	-	-	-	-

Bemærk: Lande i de grå felter var de øverste top-11 kakaoeksporterende lande til EU; '-' betyder, at data ikke er tilgængelige i LUC Impact-datasættet. Disse data er Blonks intellektuelle ejendom. Enhver genbrug af data i et værktøj eller kommercielt projekt skal godkendes af Blonk. Send en e-mail til info@blonksustainability.nl for mere information.

Tabel 4. Arealudvidelse mht dyrkning af naturgummi, og opdeling på, om denne arealudvidelse er sket på bekostning af hhv. skov, græsarealer, flerårige eller enårige afgrøder, samt den årlige drivhusgasemission som følge heraf (dLUC – direkte arealændring). Landene er rangeret efter 'største andel udvidelse af naturgummiareal på bekostning af skov' (%) (skovrydning)' (1-20) og samtidig er angivet rangering i forhold til eksportmængde af naturgummi til EU (1-17). Baseret på data fra Blonk Sustainability (2022).

Rangeres efter skovrydning	Rangér efter im-portmængde	Land	Udvidelse af dyrket naturgummiareal (%)	Udvidelse på bekostning af skov (%)	Udvidelse på bekostning af græsarealer (%)	Udvidelse på bekostning af flerårige afgrøder (%)	Udvidelse på bekostning af enårige afgrøder (%)	dLUC, vægtet gennemsnit (t CO ₂ e q ha ⁻¹ år ⁻¹)
1	-	Cambodja	85,22	85,04	0	0,05	0,14	5,26
2	3	Côte d'Ivoire	86,56	83,62	0	2,76	0,18	8,72
3	-	Myanmar	83,68	77,8	0	0	5,87	7,33
4	-	Congo	61,68	61,02	0	0,53	0,13	15,51
5	-	Bangladesh	87,7	60,13	0	2,41	25,16	0,11
6	-	Filippinerne	61,44	53,3	0	5,54	2,6	9,59
7	-	Guinea	49,69	49,61	0	0	0,08	5,47
8	-	Brasilien	49,63	41,98	0,69	1,86	5,1	6,53
9	-	Congo	41,93	41,79	0	0,09	0,04	9,4
10	11	Ghana	69,55	40,83	22,21	0,85	5,66	2,87
11	-	Guatemala	65,79	31,92	30,64	0,39	2,85	2,45
12	-	Gabon	33,35	31,28	0	2,01	0,06	6,57
13	2	Indonesien	36,78	31,16	0,54	0,12	4,97	3,89
14	13	Cameroun	20,63	19,26	0	1,37	0,01	4,98
15	9	Nigeria	15,92	12,34	0	0,14	3,45	1,47
16		Den Centralafrikanske Republik	2,13	1,58	0	0,04	0,52	0,32
17		Ecuador	75,32	0	0	43,62	31,7	0
18	6	Vietnam	70,04	0	0	2,29	16,3	0
19		Mexico	57,55	0	0	5,09	52,46	0
20	1	Thailand	56,18	0	0	5,25	12,66	0
-	4	Kina	41,9	0	0	0,93	19,2	0
-	5	Malaysia	0	0	0	0	0	0
-	7	Kalkun	-	-	-	-	-	-
-	8	Sydkorea	-	-	-	-	-	-
-	10	Rusland	-	-	-	-	-	-
-	12	Liberia	0	0	0	0	0	0

Bemærk: Lande i de grå felter var de øverste top-13 naturgummieksporterende lande til EU; '-' betyder, at data ikke er tilgængelige i LUC Impact-datasættet. Disse data er Blonks intellektuelle ejendom. Enhver genbrug af data i et værktøj eller kommercielt projekt skal godkendes af Blonk. Send en e-mail til info@blonksustainability.nl for mere information.

med flerårige eller enårige afgrøder, samt den årlige drivhusgasemission som følge af direkte arealændring (dLUC). Landene er rangeret efter 'den største andel af arealudvidelsen på bekostning af skov' (%) (skovrydning)' og samtidig er angivet rangering i forhold til, hvor stor eksportmængde landet har af dette produkt til EU. Arealudvidelsen er opgjort som den procentdel af det nuværende høstede areal med afgrøden, som ikke var i brug til dyrkning af denne afgrøde for 20 år siden.

I Tabel 2 om areal til kaffedyrkning, kan man se, at det er i Etiopien, at der er den største andel arealudvidelse på bekostning af skov, og samtidig ligger Etiopien på en 10. plads efter mængden af eksporteret kaffe til EU. Derudover kan man se, at EU importerede mest kaffe fra Brasilien, hvor der ikke er sket udvidelse af arealet til kaffedyrkning på bekostning af skov. Det kan ses i Tabel 2, at selvom nogle lande har en høj udvidelse af kaffearealet, er denne udvidelse ikke baseret på skovrydning, det gælder lande såsom Vietnam og Indien. For alle lande er der ligeledes beregnet et gennemsnitligt klimabidrag fra direkte arealændring (dLUC) for det enkelte land og den enkelte afgrøde.

Når dLUC-værdien bliver forskellig for de forskellige lande, er det fordi, at arealudvidelsen sker i forskellige kombinationer af omlægning af tidligere skov, græsarealer, eller arealer med flerårige eller enårige afgrøder. Den højeste drivhusgasemission (dLUC) på grund af udvidelse af areal med kaffedyrkning ses i Congo med et årligt klimabidrag per ha på $13,21 \text{ t CO}_2 \text{ eq ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, hovedsageligt på grund af skovrydning (Tyukavina et al., 2018). Hvad angår kakao (Tabel 3), viste Congo den højeste andel af arealudvidelse fra skovrydning med 99,7% af den samlede udvidelse pga. skovrydning, efterfulgt af Nicaragua (83% af udvidelsen som følge af skovrydning) og Tanzania (98% af arealudvidelsen fra skovrydning) (Tabel 3). EU importerede mest kakao fra Elfenbenskysten, hvor udvidelse af kakaoarealet udgjorde 59% af arealet, og 97% af denne udvidelse var baseret på skovrydning og klimabidraget fra dLUC var $5,93 \text{ t CO}_2\text{-eq}$ per ha per år. Den årlige kulstofemissionen per ha fra dLUC som følge af udvidelse af arealet med kakao var også højest i Congo med $16,81 \text{ t CO}_2 \text{ ækv. ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

Med hensyn til dyrkning af naturgummi var det i Cambodja (85% arealudvidelse), Elfenbenskysten (87% arealudvidelse) og Myanmar (84% arealudvidelse), at der var den største udvidelse af arealet dyrket med naturgummi og mere end 90% af denne arealudvidelse skyldtes skovrydning (Tabel 4). Elfenbenskysten ligger endvidere på tredjepladsen i forhold til mængden af eksporteret naturgummi til EU. Selvom EU importerede mest naturgummi fra Thailand, hvor arealudvidelsen var høj med hele 56 %, var denne arealudvidelsen ikke baseret på skovrydning. Drivhusgasemissionen per ha på grund af direkte arealudvidelse (dLUC) var den højeste i Congo med $15,51 \text{ t CO}_2 \text{ ækv. ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

Tabel 2-3 kan således bruges til at få et overblik over graden af skovrydning og dens relaterede kulstofemission (dLUC) for forskellige importerede varer fra forskellige lande. Desuden kan man se, hvilke lande der har lave klimabidrag fra skovrydning (dLUC). I Tabel 5 og 6 er vist resultaterne fra en handelsmodel, der viste, at 29-39% af de skovrydningsrelaterede kulstofemissioner (dLUC) var drevet af international handel (Pendrill et al., 2019b), og at ansvarligt forbrug derfor kan være et effektivt middel til at motivere til bæredygtig produktion. Det blev anslået, at i gennemsnit 4409 ha per år med skovrydning blev tilskrevet dansk forbrug på det internationale marked i perioden fra 2005 til 2013

Tabel 5 Areal med skovrydning forårsaget af dyrkningsareal til de varer, der er importeret af Danmark fra det pågældende land (**2005-2013**). Dataene er fra Pendrill et al. (2019a.)

Rang	Land	Årlig areal med skovrydning pga. dansk import (ha år ⁻¹)	Andel af det samlede skovrydningsareal forårsaget af dansk import	Akkumuleret andel af skovrydningsareal forårsaget af dansk import
1	Argentina	1245	28,2 %	28 %
2	Indonesien	1017	23,1 %	51 %
3	Brasilien	861	19,5 %	71 %
4	Malaysia	370	8,4 %	79 %
5	Paraguay	184	4,2 %	83 %
6	Côte d'Ivoire	97	2,2 %	86 %
7	Peru	86	1,9 %	88 %
8	Ghana	81	1,8 %	89 %
9	Papua Ny Guinea	54	1,2 %	91 %
10	Uruguay	47	1,1 %	92 %
11	Uganda	40	0,9 %	93 %
12	Spanien	35	0,8 %	93 %
13	Vietnam	26	0,6 %	94 %
14	Honduras	25	0,6 %	95 %
15	Tanzania	23	0,5 %	95 %
16	Italien	19	0,4 %	95 %
17	Thailand	16	0,4 %	96 %
18	Etiopien	15	0,3 %	96 %
19	Zambia	14	0,3 %	96 %
20	Ecuador	13	0,3 %	97 %

Bemærk: Vær opmærksom på, at perioden er 2005-2013 her ikke er opdateret.

(Pendrill et al., 2019a) . Det skal dog bemærkes, at data vist i Tabel 5 ikke er opdaterede (2005-2013) og repræsenterer sandsynligvis ikke den aktuelle situation. Pendrill et al. (2019b) estimerede, at dansk forbrug samlet årligt indirekte har forårsaget hhv. 1245 ha, 1017 ha og 861 ha skovrydning i henholdsvis Argentina, Indonesien og Brasilien i perioden fra 2005 til 2013 (Tabel 5). Arealer i disse tre lande tegnede sig for 71% af det samlede skovrydningsareal, der er forårsaget af produktion af råvarer, der forbruges af Danmark, hvilket primært relaterer sig til forbruget af soja og palmeolie.

I det ovenstående er afskovningsrisiko og emissionsestimater for dette i relation til produktion af kaffe, kakao og naturgummi i de enkelte lande blevet belyst. I det følgende analyseres de tilgængelige LCA-fra afskovning (dLUC), og hvilken størrelsesorden disse klimabidrag har i forhold til de øvrige klimagasemissioner.

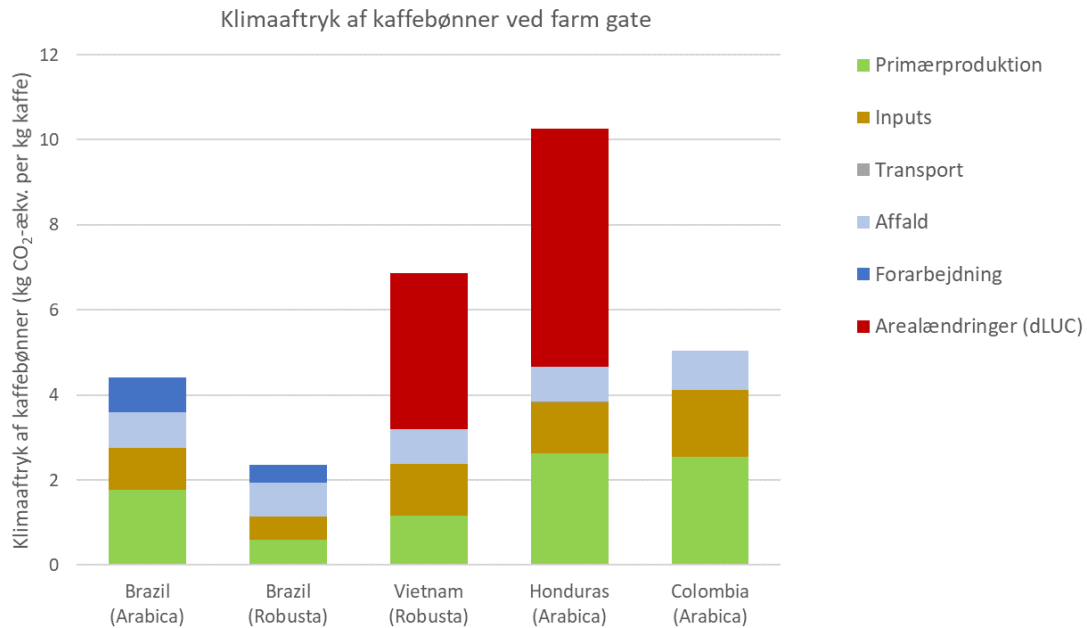
2. Livscyklusvurderinger af kaffe

De tilgængelige LCA-studier for kaffe findes primært i to hovedkilder, nemlig LCA-databaser (såsom Ecoinvent 3 og Quantis World Food LCA Database) samt i den videnskabelige litteratur. Begge kilder er afsøgt og resultaterne er præsenteret i det følgende i to separate afsnit.

2.1 Resultater fra LCA-databaser

Ved afsøgning af LCA-databaserne, blev der fundet LCA-studier af kaffe i databaserne Ecoinvent 3 og Quantis World Food Life Cycle Assessment Database (WFLDB). Klimaaftryk for kaffebønner, når de forlader gården, blev beregnet med ReCiPe 2016-metoden ved hjælp af SimaPro 9.4.0.1 (Tabel S1, S2 og Figur 4). Der blev desuden afrapporteret ferskvands-økotoksicitet for kaffebønnerne, som en indikator på pesticidforbruget. Økotoksicitet er et udtryk for kemiske emissioner, der påvirker funktionen i økosystemer gennem toksiske effekter på organismer. Indenfor økotoksicitet kan værdierne variere en del afhængig af den anvendte metode, men ved anvendelse af den samme metode på forskellige dyrkningssystemer eller produkter, kan værdierne sammenlignes indbyrdes. Figur 4 viser klimaaftrykket for kaffe i de top-5 lande, der eksporterede mest kaffe til EU-27 og Storbritannien, hvilket var Brasilien, Vietnam, Uganda (ikke inkluderet i databaserne), Honduras og Colombia, rangeret efter den eksporterede mængde af kaffe.

For kaffe dyrket i Brasilien og Colombia var der ikke nogle emissioner relateret til ændringer i arealanvendelsen (dLUC) i den undersøgte periode (20 år før 2012-2014), hvilket er i overensstemmelse med Figur 1 og Tabel 1 og 2 for Brasilien, der ikke viste nogle udvidelse af kaffearealet. For Columbia er der dog i Tabel 2 vist en lille udvidelse af arealet, hvor en del af dette er på bekostning af skovrydning, men dLUC-værdien er lav. For Honduras og Vietnam derimod er der indregnet emissioner fra arealændringer (dLUC), hvilket for Honduras' vedkommende stemmer godt overens med Figur 1 og Tabel 1 og 2. For Vietnam ses det også i Figur 1 og Tabel 1 en udvidelse af kaffearealet, men Tabel 2 angiver en dLUC-værdi på 0, da det estimeres, at arealudvidelsen (som ses i Figur 1) bl.a. er på bekostning af en-årige afgrøder.



Figur 4 Klimaaftryk per kg kaffebønner i de fem største eksportlande til EU-27 og Storbritannien (Der er ikke klimaaftryksværdier for kaffe fra Uganda i LCA-databasen)

Det ses i Figur 4, at hvor der estimeres drivhusgasemissioner (dLUC) i forbindelse med arealændringer i Honduras, er værdien af dLUC så stor, at det udgør mere end halvdelen af kaffebønnernes klimaaftryk (55%).

Generelt er klimaaftrykket for Arabica kaffe højere end Robusta kaffe (Figur 4, Tabel S1) primært på grund af det lavere udbytte af Arabicakaffe. Ferskvands-økotoksicitet af kaffebønner varierede betydeligt mellem landene. Kaffebønner i Brasilien udviste den højeste ferskvands-økotoksicitet (119 1,4-DCB eq. kg⁻¹), mens det kun var 7 g 1,4-DCB eq. kg⁻¹ i Indien (Tabel S2).

2.2 Resultater fra videnskabelige artikler

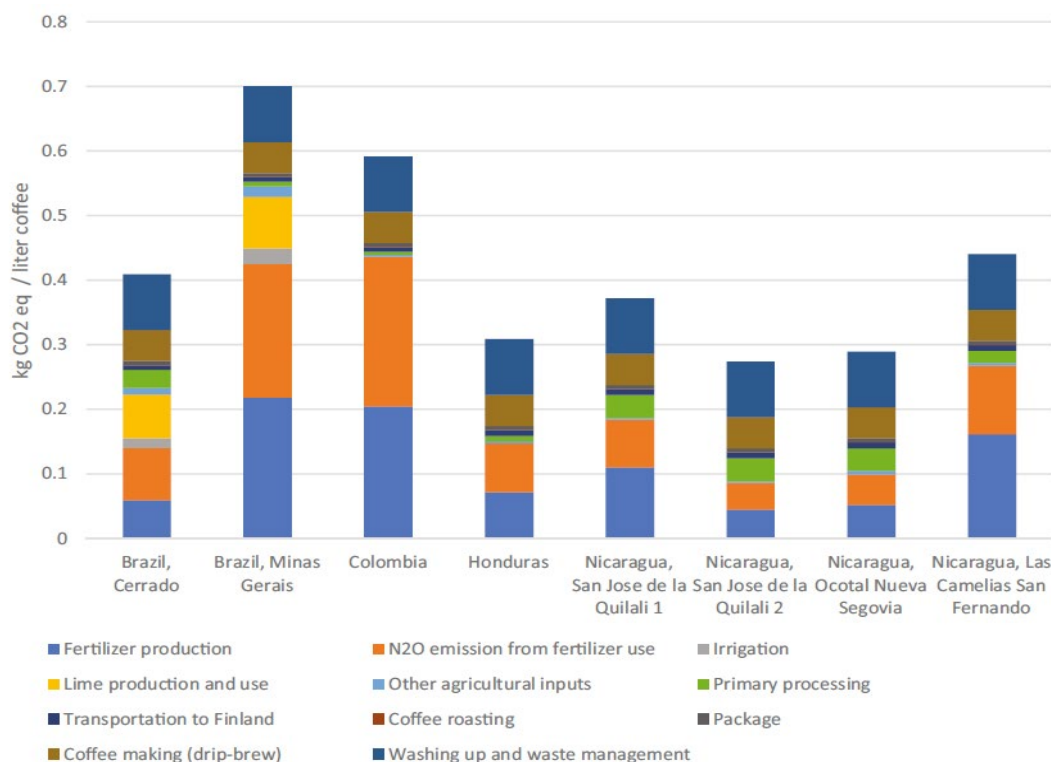
I den videnskabelige litteratur blev der fundet 13 peer-reviewede relevante artikler, der blev analyseret yderligere. Detaljerede oplysninger kan findes i Supplerende data i Tabel S3. Kaffes klimaaftryk og ferskvands-økotoksicitet varierede meget som funktion af lande, systemgrænser og funktionelle enheder (Tabel 7). Usva et al. (2020) undersøgte det gennemsnitlige klimaaftryk af en liter drikkeklar kaffe, der blev indtaget i Finland, mens kaffebønnerne blev importeret fra Brasilien, Colombia, Honduras og Nicaragua. For Brasilien og Columbia var der ingen klimagasemissioner relateret fra arealændringer (dLUC), hvorimod arealændringer bidrog med 43-60% til kaffens samlede klimaaftryk (inklusive alle processer fra vugge til grav) i Honduras og Nicaragua. Blandt de 13 mest relevante videnskabelige artikler, var der kun fire af dem, der også inddrog effekt på ferskvandsøkotoksicitet. Ferskvandsøkotoksicitetsresultaterne fra/i Valenzuela-Vergara et al. (2019) og Rahmah et al. (2022) havde sammenlig-

nelige systemgrænser og funktionelle enheder som vores resultater fra databaserne. Ferskvands økotoxicitetsværdier for kaffe fra Colombia (4,20-10,40 g 1,4-DCB kg⁻¹ kaffebønner) (Valenzuela-Vergara et al., 2019) og Indonesien (2,80-6,801,4-DCB kg⁻¹ kaffebønner) (Rahmah et al., 2022) ligner vores resultater baseret på databaser for disse lande (Tabel S2).

Tabel 7. Kaffes klimaaftryk og ferskvands-økotoksicitet fra litteraturgennemgangen af LCA-studier.

Reference	Forskningsår	Land	Systemgrænse	Funktionel enhed (FU)	Klimaaftryk (kg CO ₂ -ækv. pr. FU)	Bidrag af ændringer i arealanvendelsen til CO ₂ -fodafttrykket	Ferskvands-økotoksicitet
(Vera-Acevedo et al., 2016)	NA ^a	Colombia	Vugge til gårdport*	1 kg grønne bønner	0,16-0,41	-	-
(Usva et al., 2020)	2014-2016	Brasilien	Vugge til grav	1 liter indtaget kaffe	0,40-0,69	0 (0 %)	-
(Usva et al., 2020)	2014-2016	Colombia	Vugge til grav	1 liter indtaget kaffe	0,58	0 (0 %)	-
(Usva et al., 2020)	2014-2016	Honduras	Vugge til grav	1 liter indtaget kaffe	0,55	0,24 (43 %)	-
(Usva et al., 2020)	2014-2016	Nicaragua	Vugge til grav	1 liter indtaget kaffe	0,57-0,97	0,30-0,53 (53%-60%)	-
(Trinh et al., 2020)	2017-2018	Vietnam	Vugge til gårdport*	1 kg grønne bønner	0,63-0,92	-	-
(Valenzuela-Vergara et al., 2019)	NA	Colombia	vugge til port*	1 kg kaffebønner (inkl. pergamenthinde)	2,54-3,84	-	0,0042-0,0104 ^b
(Rahmah et al., 2022)	NA	Indonesien	Vugge til port	1 kg kaffebær (inkl. frugtkød)	0,07-0,50	-	0,0028-0,0068 ^b
(Oulu, 2015)	2012	Kenya	Vugge til markedet	1 kg malede og pakkede grønne bønner	3,52	-	-
(Humbert et al., 2009)	NA	Brasilien, Colombia, Vietnam	Vugge til grav	1 dl kop kaffe	0,07-0,15	-	-
(Hamdan et al., 2019)	NA	Indonesien	Vugge til gårdport*	1 kg grønne bønner	0,12	-	-
(Giraldi-Díaz et al., 2018)	NA	Mexico	Vugge til markedet	1 kg malet kaffe	4,97-8,54	-	-
(Birkenberg og Birner, 2018)	10.2014-05.2015	Costa Rica	Vugge til gårdport*	1 kg grøn kaffe	1.10-3.14	0	-
(Acosta-Alba et al., 2020)	2014	Colombia	Vugge til gårdport*	1 kg kaffebønner (inkl. pergamenthinde)	3,10-5,80	0	20-63 ^c
(Noponen et al., 2012)	NA	Costa Rica	vugge til gårdport	1 kg kaffebær (inkl. frugtkød)	0,26-0,58	0	-
(Noponen et al., 2012)	NA	Nicaragua	vugge til gårdport	1 kg kaffebær (inkl. frugtkød)	0,15-0,36	0	-
(Killian et al., 2013)	2009-2010	Costa Rica	vugge til gårdporten*	1 kg kaffebær (inkl. frugtkød)	1,50	0	-

Bemærk: * inklusive primær behandling (pulping, gæring, vask og tørring); - betyder, at undersøgelsen ikke tog højde for ændringer i arealanvendelsen eller økotoksicitet; ^a ikke tilgængelig; ^b enheden for ferskvandsøkotoksicitet er kg 1,4-DCB kg⁻¹ pr. FU; ^c enheden for ferskvandsøkotoksicitet er CTU e10⁻⁴ pr. FU; ^d ændring af arealanvendelsen her er fra permanent afgrøde til permanent afgrøde, hvilket betyder, at kaffetræer bliver fældet efter 20 års dyrkning, og nye kaffetræer vil blive plantet igen.



Figur 5 Klimaaftryk i kg CO₂ ækv. per liter drypbrygget sort kaffe uden sukker forbrugt i Finland (emissioner af arealændringer er ikke inkluderet (dLUC). Lande- (regions-) navne repræsenterer dyrkningsstedet for kaffebønner). Kilde: Usva et al. (2020).

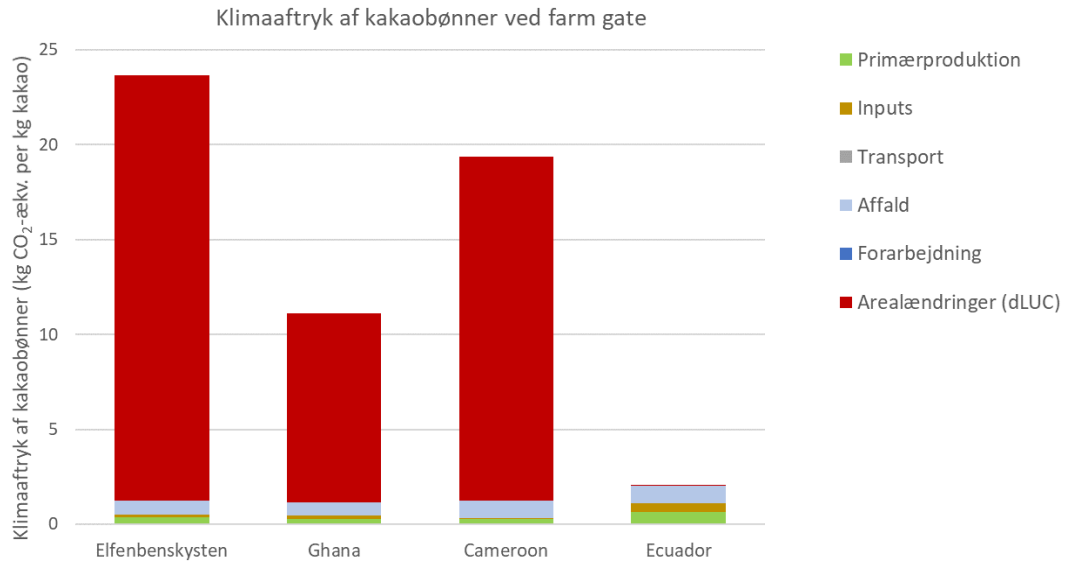
Bidraget fra de forskellige faser langs kaffeforsyningskæden til kaffens samlede klimaaftryk afhænger i høj grad af produktionsstedet og kaffefremstillingsmetoderne. Bidraget til det samlede klimaaftryk fra kaffeproduktion varierede fra 32-78%, mens kaffefremstillingsfasen bidrog i et spænd fra 19-49% i drypbrygget sort kaffe uden sukker (Figur 5). Mere end 50% af klimaaftrykket for spraytørret opløselig kaffe og drypfilterkaffe kom dog fra brugsfasen i en anden undersøgelse af Humbert et al. (2009). Transportfasen tegnede sig for en lille andel af kaffeforsyningskædens samlede klimaaftryk (fra vugge til grav) (Figur 5).

3. Livscyklusvurderinger af kakao

De tilgængelige LCA-studier for kakao findes primært i to hovedkilder, nemlig LCA-databaser (såsom Ecoinvent 3 og Quantis World Food LCA Database) samt i den videnskabelige litteratur. Begge kilder er afsøgt og resultaterne er præsenteret i det følgende i to separate afsnit.

3.1 Resultater fra LCA-databaser

Ved afsøgning af LCA-databaserne, blev der fundet LCA-studier af kakao i databaserne Ecoinvent 3 og Quantis World Food Life Cycle Assessment Database (WFLDB). Klimaaftryk for kakaobønner, når de forlader gården, blev beregnet med samme metode som den, der blev brugt til kaffe (se afsnit 2.1) og opsummeret i Tabel S4 baseret på data fra Ecoinvent 3 og WFLDB. Figur 6 viser klimaaftryk for



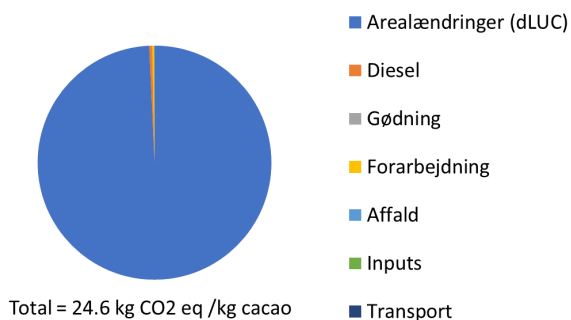
Figur 6 Klimaaftryk per kg kakaobønner i de fem største eksportlande til EU-27 og Storbritannien (Nigeria er ikke inkluderet i LCA-databaserne).

kakaobønner for de fem lande, der eksporterede mest kakao til EU-27 og Storbritannien, hvilket var Elfenbenskysten, Ghana, Nigeria (ikke inkluderet i LCA-databaserne), Cameroun og Ecuador. I modsætning til for kaffe, bidrog klimabidrag fra arealændringer (dLUC) med en langt større andel, nemlig ca. 90% af det samlede klimaaftryk for kakaobønner fra Elfenbenskysten (94%), Ghana (89%) og Cameroun (93%) (Figur 6). For Elfenbenskysten og Cameroun, stemmer dette godt overens med Tabel 3, der estimerer høje dLUC-værdier for kakao fra disse lande, hvorimod resultaterne i Figur 6 ikke stemmer overens med dLUC-værdierne for Ghana i Tabel 3, der er langt lavere end for f.eks. Elfenbenskysten. Dette kan skyldes, at de tal der er brugt i de pågældende LCA-databaser ikke er opdaterede. dLUC-værdierne for Ghana fra Tabel 3, stemmer fint overens med Figur 1 og Tabel 1, der viser et faldende kakaoareal i Ghana i løbet af de sidste 20 år. I overensstemmelse med Tabel 3, er der ingen emissioner fra arealændringer i relation til kakaoproduktion i Ecuador. I relation til ferskvands-økotoksicitet, er der ikke store forskelle mellem landene, varierende fra 8,2-11,6%.

3.2 Resultater fra videnskabelige artikler

I afsøgningen af den videnskabelige litteratur blev der fundet tolv relevante peer-reviewed videnskabelige artikler. Blandt dem var der i alt 21 resultater, der omfattede klimaaftryk fra forskellige kakao-dyrkningssystemer fra forskellige lande (Tabel S6). Klimaaftryk og ferskvands-økotoksicitet varierede meget mellem lande, systemgrænser og funktionelle enheder.

De laveste klimaaftryk (0,03 kg CO₂ ækv. per kg kakaobønner) og ferskvands-økotoksicitet blev fundet i økologisk dyrkede kakao-skovlandbrugssystemer og soltørret kakao (Tabel S6). Tilsvarende udledte konventionelle kakao-skovlandbrugssystemer ca. 0,25-1 kg CO₂ -ækv. per kg kakaobønner. Klimaaftrykværdierne steg, efterhånden som producenterne øgede mængden af input, der bruges på bedriften til at producere kakao.



Figur 7. Denne figur angiver det samlede klimaaftryksandel af forskellige faktorer for at producere 1 kg konventionel kakao i Peru (Baseret på Ivanova et al., 2020).

Klimaaftrykket for kakaobønner ved gårdport dyrket i Ecuador og Ghana var omkring 0,03-0,30 kg CO₂-ækv. per kg kakaobønner, og der var ikke antaget nogle emissioner fra arealændringer (Tabel 7). LCA-studiet af Ivanova et al. (2020) baseret på kakaoproduktion i Peru, hvor dLUC-værdien i overensstemmelse med Tabel 3 er høj, viste at klimaaftrykket fra kakaobønner kan svinge mellem 13,71-24,6 kg CO₂-ækv. per kg kakao, når klimagasemissioner fra arealændringerne (dLUC) er inkluderet (Figur 8) og disse bidrag fra arealanvendelse bidrager med omkring 83-99% af de samlede klimaaftryk (Tabel 7). Ydermere tegnede fremstilling af inputs, transport, diesel, gødning, pesticider og andet sig for mindre end 1% af de samlede klimaaftryk (Figur 8). Hvis hele værdikæden regnes med, viste Konstantas et al. (2018) og Recanati et al. (2018) klimaaftryksværdier for chokolade, der varierede fra 1,9 til 4,15 kg CO₂-ækv. per kg chokolade (ca. 8% fra transport, 44% fra forarbejdning, 13% fra emballageproduktion). Emissioner fra skovrydning (dLUC) var ikke inkluderet i disse studier.

Det er vigtigt at bemærke, at nogle undersøgelser ikke inkluderer ændringer i arealanvendelsen (afskovningsrelaterede emissioner) selvom der kan være afskovningsrisiko og heller ikke inkluderer kulstofbinding af kakaodyrkningsystemer, hvilket kan forårsage en vis variation og usikkerhed i resultaterne.

Tabel 8. Klimaaftryk og ferskvands-økotoksicitet for kakaobønner baseret på LCA-studier fra videnskabelige artikler.

Referencer	Land	Systemgrænse	Funktionel enhed (FU)	Klimaaftryk (kg CO ₂ -ækv. pr. FU)	Andel af arealændring (dLUC) til klimaaftryk	Ferskvands økotoksicitet
(Caicedo-Vargas et al., 2022)	Ecuador	Vugge til gårdport	1 kg kakao	0,03-0,30	-	0,01-0,09 ^a
(Leyte et al., 2017)	Filippinerne	Port til gårdport	1 kg kakao	0,63	-	-
(Schroth et al., 2016)	Brasilien	Vugge til gårdport	1 kg kakao	0,250-1,00	-	-
(Ivanova et al., 2020)	Peru	Vugge til gårdport	1 kg kakao	13,71-24,6	84-99 %	-
(Parra-Paitan og Verburg, 2022)	Ghana	Vugge til gårdport	1 kg kakaobønner	0,05-0,06	-	31-34 ^b
(Ortiz-Rodríguez et al., 2016)	Colombia	Vugge til gårdport	1 kg kakaobønner	8,00-8,89	-	-
(Ntiamoah og Afrane, 2008)	Ghana	Vugge til fabriksforarbejdning	1 kg forarbejdede bønner	0,32	-	5,84 ^a
(Bianchi et al., 2021)	Kakao: Ecuador, Ghana, Indonesien	Vugge til grav	1 kg chokolade	1,90-4,10	-	-
(Recanati et al., 2018)	Chokolade: Italien Kakao: Peru	Vugge til grav	1 kg chokolade	2,62	-	-
(Afrane og Ntiamoah, 2011)	Chokolade: Italien	Vugge til chokolade fremstilling	1 kg chokolade	0,36	-	5,08 ^a
(Konstantas et al., 2018)	Ghana	Vugge til grav	1 kg pakket chokolade	2,90-4,15	^c	-
	Kakao: Ghana Chokolade: Storbritannien					

Bemærk: - betyder, at undersøgelsen ikke inkluderede ændringer i arealanvendelsen eller økotoksicitet; ^a enheden for ferskvandsøkotoksicitet er kg 1,4-DCB kg⁻¹ pr. FU; ^b enheden for ferskvandsøkotoksicitet er CTU e10⁻⁴ pr. FU; ^c Der er ikke inkluderet arealændringer i studiet, men forfatterne skrev, at klimaaftryksværdierne ville være 3-4 gange højere, hvis arealændringer var inkluderet.

4. Livscyklusvurderinger af naturgummi

De tilgængelige LCA-studier for naturgummi blev primært fundet i den videnskabelige litteratur og ikke i LCA-databaser og resultaterne er præsenteret i det følgende afsnit.

4.1 Resultater fra videnskabelige artikler

Ved gennemgangen af den videnskabelige litteratur blev der fundet fire relevante peer-reviewed videnskabelige LCA-artikler omkring gummiproduktion (Tabel S7). De fleste af disse undersøgelser var fra den sydøstasiatiske region. Klimaaftrykket og ferskvands-økotoksiciteten varierede meget efter land, råmaterialekilder, systemgrænser og funktionelle enheder. Naturgummiproduktion havde et klimaaftryk varierende mellem 0,03-1,18 kg CO₂-ækv. per kg produkt, hvor der ikke var estimeret og inkluderet emissioner fra arealændringer (dLUC) (Tabel 10), hvilket også er i overensstemmelse med Tabel 4, der estimerer dLUC til 0 i relation til naturgummiproduktion i Thailand og Malaysia. Riazi et al. (2018) har dog inkluderet bidrag fra arealændringer i klimaaftrykket, der dermed øges til 15,9 kg CO₂-ækv. per kg produkt og arealændringer bidrager i det studie til størstedelen af klimapåvirkningen (96,8%). Birnbach et al. (2020) inddrager hele værdikæden (fra vugge til grav) i et eksempel med naturgummikondomproduktion, hvor klimaaftrykket er ca. 0,03 kg CO₂-ækv. per kondom, når ikke der er indregnet bidrag fra ændringer i arealanvendelsen (dLUC).

Tabel 10. Litteratur relateret til klimaaftryk og ferskvands-økotoksicitet af naturgummi (fra gummitræ).

System	Land	Systemgrænse	Funktionel enhed (FU)	Kulstoffodaftryk (kg CO ₂ -ækv. pr. FU)	Andel af arealanvendelsesændring til CO ₂ -fodaftryk	Ferskvand økotoksicitet
(Batten et al., 2021)	Thailand	Vugge til gårdport	1 kg polyisopren	1.18	-	0
(Birnbach et al., 2020)	Malaysia til Tyskland	Vugge til grav	1 kondom	0,032	-	-
(Usubharatana og Phungrassami, 2018)	Thailand	Vugge til gårdport	1 kg frisk latex	0,092-0,098	-	-
(Riazi et al., 2018)	Thailand	Vugge til gårdport	1 kg isoprene	15.9	96,8 %	-

5. Diskussion

5.1 Metodik

De peer-reviewed videnskabelige artikler og LCA-databaserne, der blev brugt til at finde LCA-studier for kaffe, kakao og naturgummi, har hver deres styrker og svagheder. Generelt repræsenterede resultaterne fra databaserne det nationale niveau, mens de fleste elementer fra den peer-reviewed litteratur var casestudier. Derfor afspejler resultaterne fra litteraturgennemgangen ikke den generelle situation i et bestemt land, men kan snarere give indtryk af variationsbredden ved forskellige forudsætninger indenfor en region. Desuden skal det bemærkes, at drivhusgasemissionsdataene fra begge kilder ikke var 100% opdaterede, selvom det var de senest tilgængelige data. Derfor repræsenterer skovryd-

ningsrelaterede kulstofemissioner fra begge datakilder muligvis ikke den nuværende situation. For eksempel blev der ikke angivet nogen ændring i arealanvendelsen i Colombias kaffeproduktion i undersøgelsesperioden for databasen (Figur 4) og litteraturen (Usva et al., 2020), selvom den nyeste statistik i Tabel 2 angiver en lav dLUC-værdi. Omvendt, blev der inddraget dLUC-værdier i kakao fra Ghana i LCA-databasen, selvom arealet er faldet og dLUC-værdierne i Tabel 2 for Ghana er 0. Det er derfor af stor betydning, at tjekke de senest opdaterede tal, da afskovningsrisikoen kan ændre sig over få år.

Efter at have konverteret drivhusgasemissioner fra arealændringer til pr. arealenhed (ha), kan det sammenlignes mellem afgrøder og mellem forskellige lande. Klimaaftrykket per hektar jord (kg CO₂-ækv. per ha) fra arealændringer ved dyrkning af kakao i Indonesien og Elfenbenskysten ca. 2 gange højere pr. ha end fra dyrkning af kakao og kaffe i de andre lande (Tabel S1 og S3). Det skyldtes, at høstområdet for kakao i begge lande var udvidet bemærkelsesværdigt (Figur 2, Tabel 3). Faktisk blev det meste af det kakao-dyrkede areal i disse lande ryddet af skov i løbet af undersøgelsesperioden. Derfor bidrog klimaaftrykket forårsaget af ændringer i arealanvendelse mere til det samlede klimaaftryk for kakao fra begge lande, uanset om den funktionelle enhed var produktbaseret eller områdebaseret.

På grund af fraværet af en klar metode til at involvere det biogene kulstof (f.eks. kulstof bundet i træets biomasse) fra de flerårige træer, blev det ikke inkluderet ved beregning af klimaaftrykket med databasedata. De metodiske dokumenter fra AGRIBALYSE3.0, World Food LCA Database, fastslår også, at biogen C-optagelse og frigivelse kan negligeres i en C-neutral tilgang. Ecoinvent antager også, at ændringer i jordens organiske stof betragtes som konstante, så længe der ikke foretages langsigtede ændringer i systemstyringen. Plantning af flerårige træafgrøder som kaffe, kakao og gummitræer fra ryddet jord udviste imidlertid flere kreditter i kulstofbinding sammenlignet med plantning af afgrøder som sojabønner. Disse træer vil holde og binde kulstof i mere end 20 år efter plantning, selvom kulstoffet til sidst vil vende tilbage til atmosfæren. Det vil dog stadig have en klimaeffekt, at kulstoffet bliver bundet i en vis periode. Og det er også muligt, at landmænd genplanter disse flerårige afgrøder for at fortsætte C-bindingen. Disse scenarier kan påvirke resultaterne forskelligt og bør undersøges nærmere.

5.2 Skovrydning og skovrydningsfrie produkter

Skovrydning forårsager en enorm indvirkning i nogle lande. Det kan derfor have afgørende betydning at efterspørge skovrydningsfrie produkter for at reducere de globale kulstofemissioner og tab af skov. Baseret på resultaterne fra databaserne og litteraturen kan afskovning bidrage væsentligt til klimaaftrykket for kaffe, kakao og naturgummi – op til ca. 50% af det samlede klimaaftryk for kaffe og op til omkring 90% for kakao. Dette kan dog svinge meget afhængig af land og tidspunkt. Til trods herfor peger resultaterne også på et potentiale for at kunne reducere klimaaftrykket ved produktion af kaffe og kakao væsentligt ved afskovningsfrie værdikæder. Det har på baggrund af den tilgængelige litteratur ikke været muligt at drage nogle konklusioner omkring arealændringer i forbindelse med naturgummi. Lovgivningen omkring afskovning i de pågældende lande og håndhævelse af denne lovgivning er yderst vigtig, da afskovningen kan risikere at foregå i relation til andre afgrøder, der ikke er i fokus.

Supplerende data

Tabel S1 Klimaaftrykket for kaffebønner ved gårdport beregnet ud fra databaserne Ecoinvent 3 og Quantis World Food Life Cycle Assessment Database (WFLDB)
(kg CO₂ eq. kg⁻¹ kaffebønner).

Nr.	Sort	Land	Ud- bytte (kg/ha)	Ændring af arealanven- delse pr. ha (Kg CO ₂ . ækv. ha ⁻¹)	Primær produktion	Areal ændringer	Materiale produktion	Forarbejdning	Transport	Affalds behandling	Samlet drivhusgas emission
1	Arabica	Brasilien	1800	0	1,82 (48 %)	0,00 (0 %)	0,79 (20 %)	0,46 (11 %)	0,00 (0 %)	0,83 (22 %)	3,88 (100 %)
2	Robusta	Brasilien	4200	0	0,60 (26 %)	0,00 (0 %)	0,55 (24 %)	0,42 (16 %)	0,00 (0 %)	0,80 (35 %)	2,36 (100 %)
3	Arabica	Colombia	597	0	2,55 (52 %)	0,00 (0 %)	1,57 (31 %)	0,00 (0 %)	0,00 (0 %)	0,91 (19 %)	5,03 (100 %)
4	Arabica	Honduras	1340	7497	2,63 (26 %)	5,6 (54 %)	1,21 (12 %)	0,00 (0 %)	0,00 (0 %)	0,83 (9 %)	10,26 (100 %)
5 ^a	Robusta	Indien	1550	-132	4,46 (55 %)	-0,09 (-1 %)	3,02 (37 %)	0,00 (0 %)	0,00 (0 %)	0,83 (10 %)	8,22 (100 %)
6 ^a	Arabica	Indien	725	15	9,75 (57 %)	0,02 (0 %)	6,39 (38 %)	0,00 (0 %)	0,00 (0 %)	0,81 (5 %)	16,97 (100 %)
7	Robusta	Indone- sien	900	8942	3,98 (23 %)	9,94 (57 %)	2,81 (16 %)	0,00 (0 %)	0,00 (0 %)	0,86 (5 %)	17,57 (100 %)
8	Arabica	Mexico	280	0	3,81 (58 %)	0,00 (0 %)	1,14 (17 %)	1,58 (24 %)	0,00 (0 %)	0,01 (0 %)	6,54 (100 %)
9	Arabica	ROW ^b	1800	0	3,17 (57 %)	0,00 (0 %)	1,62 (29 %)	0,48 (9 %)	0,00 (0 %)	0,27 (5 %)	5,54 (100 %)
10	Robusta	ROW ^b	2500	0	2,46 (49 %)	0,00 (0 %)	2,15 (43 %)	0,14 (3 %)	0,00 (0 %)	0,25 (5 %)	5,01 (100 %)
11	Arabica	Tanzania	269	6128	6,03 (18 %)	22,78 (69 %)	1,87 (6 %)	1,55 (5 %)	0,00 (0 %)	0,81 (2 %)	33,04 (100 %)
12	Robusta	Vietnam	2500	9200	1,16 (17 %)	3,68 (54 %)	1,23 (18 %)	0,00 (0 %)	0,00 (0 %)	0,81 (12 %)	6,88 (100 %)

Bemærk: ^a en ændring i arealanvendelsen her er fra flerårige afgrøde til flerårige afgrøde (kaffetræer vil blive fældet efter 20-30 år og nye kaffetræer vil blive plantet); ^b resten af verden.

Tabel S2 Kaffes ferskvandsøkotoksicitet beregnet ud fra databaserne Ecoinvent 3 og Quantis World Food Life Cycle Assessment Database (WFLDB)
(g 1,4-DCB eq. kg⁻¹ kaffebønner).

Nr.	Land	Sort	Udbytte (kg/ha)	Primær produktion	Areal ændringer	Materiale produktion	Forarbejdning	Transport	Affalds behandling	Samlet økotoksicitet
1	Brasilien	Arabica	1800	65,2 (39 %)	0,00 (0 %)	39,25 (46 %)	5,35 (8 %)	0,00 (0 %)	9,20 (8 %)	118,95 (100 %)
2	Brasilien	Robusta	4200	2,40 (18 %)	0,00 (0 %)	9,45 (66 %)	1,00 (7 %)	0,50 (4 %)	1,00 (7 %)	14,30 (100 %)
3	Colombia	Arabica	597	2,65 (23 %)	0,00 (0 %)	8,50 (70 %)	0,00 (0 %)	0,00 (0 %)	1,00 (8 %)	12,10 (100 %)
4	Honduras	Arabica	1340	3,40 (33 %)	0,50 (5 %)	5,05 (49 %)	0,00 (0 %)	0,50 (5 %)	1,00 (10 %)	10,40 (100 %)
5 ^a	Indien	Robusta	1550	2,65 (38 %)	0,50 (7 %)	2,40 (35 %)	0,00 (0 %)	0,50 (7 %)	1,00 (14 %)	7,05 (100 %)
6 ^a	Indien	Arabica	725	2,40 (29 %)	0,50 (6 %)	3,90 (47 %)	0,00 (0 %)	0,50 (6 %)	1,00 (12 %)	8,20 (100 %)
7	Indonesien	Robusta	900	1,95 (23 %)	0,50 (6 %)	4,85 (59 %)	0,00 (0 %)	0,00 (0 %)	1,00 (12 %)	8,25 (100 %)
8	Mexico	Arabica	280	2,90 (18 %)	0,00 (0 %)	11,60 (73 %)	0,50 (3 %)	0,00 (0 %)	1,00 (6 %)	16,00 (100 %)
9	ROW ^b	Arabica	1800	10,60 (15 %)	0,00 (0 %)	54,60 (75 %)	4,40 (6 %)	0,50 (1 %)	2,40 (3 %)	72,50 (100 %)
10	ROW ^b	Robusta	2500	10,60 (17 %)	0,00 (0 %)	48,30 (76 %)	1,50 (2 %)	0,50 (1 %)	2,90 (5 %)	63,80 (100 %)
11	Tanzania	Arabica	269	2,40 (28 %)	0,50 (6 %)	4,40 (50 %)	0,50 (6 %)	0,00 (0 %)	1,00 (11 %)	8,70 (100 %)
12	Vietnam	Robusta	2500	2,90 (32 %)	0,50 (5 %)	4,80 (53 %)	0,00 (0 %)	0,00 (0 %)	1,00 (11 %)	9,20 (100 %)

Bemærk: ^a en ændring i arealanvendelsen her er fra flerårig afgrøde til flerårig afgrøde (kaffetræer vil blive fældet efter 20-30 år og nye kaffetræer vil blive plantet); ^b resten af verden.

Tabel S3 Detaljeret information om kaffens kulstofaftryk fra litteraturgennemgangen.

Reference	System	Data periode	Land	Systemgrænse	Funktionel enhed (FU)	Klimaaftryk (kg CO ₂ ækv. pr. FU)	Andel klimaaftryk fra arealanvendelsesændring (dLUC)	Ferskvand økotoksicitet
(Vera-Acevedo et al., 2016)	Kemisk gødning		Colombia			0,41	-	-
	Fjerkrægdning	NA ^a	Colombia	Vugge til gårdport*	1 kg grønne bønner	0,40	-	-
	Kompost		Colombia			0,16	-	-
(Usva et al., 2020)	Konventionel		Brasilien			0,40	0,00 (0 %)	-
	Konventionel		Brasilien			0,69	0,00 (0 %)	-
	Konventionel		Colombia			0,58	0,00 (0 %)	-
	Konventionel	2014-2016	Honduras	Vugge til grav	1 L indtaget kaffe	0,55	0,24 (43 %)	-
	Konventionel		Nicaragua			0,89	0,52 (58 %)	-
	Konventionel		Nicaragua			0,57	0,30 (53 %)	-
Konventionel		Nicaragua			0,73	0,44 (60 %)	-	

Reference	System	Data periode	Land	Systemgrænse	Funktionel enhed (FU)	Klimaaftryk (kg CO ₂ ækv. pr. FU)	Andel klimaaftryk fra arealanvendelsesændring (dLUC)	Ferskvand økotoksicitet
(Trinh et al., 2020)	Konventionel	2017-2018	Nicaragua	Vugge til gårdport*	1 kg grønne bønner	0,97	0,53 (54 %)	-
	Konventionel intensiv		Vietnam			0,92	-	-
	Konventionelt medium		Vietnam			0,72	-	-
	Økologisk intensiv		Vietnam			0,63	-	-
(Valenzuela-Vergara et al., 2019)	konventionel lav	NA	Colombia	Vugge til port*	1 kg kaffebønner inkl. pergamenthinde	2,54	-	0,0042 ^b
	Konventionelt medium		Colombia			2,76	-	0,0048 ^b
	konventionel høj		Colombia			3,84	-	0,0104 ^b
(Rahmah et al., 2022)	Organisk gødning, agroforestry	NA	Indonesien	Vugge til port	1 kg kaffebær (inkl. frugtkød)	0,07	-	0,0031 ^b
	Organisk + kemisk gødning, agroforestry		Indonesien			0,18	-	0,0028 ^b
	Kemisk gødning, agroforestry		Indonesien			0,50	-	0,0068 ^b
(Oulu, 2015)	Nationalt niveau	2012	Kenya	Vugge til markedet	1 kg malede og pakkeede grønne bønner	3,52	-	-
(Humbert et al., 2009)	Spraytørret opløselig kaffe	NA	Brasilien, Colombia, Vietnam	Vugge til grav	1 dl kop kaffe	0,07	-	-
	Drypfilterkaffe, 0% spild		Brasilien, Colombia, Vietnam			0,11	-	-
	Dryp filterkaffe, 1/3 spild		Brasilien, Colombia, Vietnam			0,15	-	-
	Kapsel espresso kaffe		Brasilien, Colombia, Vietnam			0,11	-	-
(Hamdan et al., 2019)	Konventionelt system	NA	Indonesien	Vugge til gårdport*	1 kg grønne bønner	0,12	-	-
(Giraldi-Díaz et al., 2018)	Bortskaffelse af affald med gødningsproduktion		Mexico	Vugge til markedet	1 kg malet kaffe	4,97	-	-
	Affald blev erstattet med de andre produkter		Mexico			8,54	-	-
(Birkenberg og Birner, 2018)	Kulstofneutralt certifikat	10. 2014-05.2015	Costa Rica	Vugge til gårdport*	1 kg grønne kaffebønner	1,96	0	-
	Kulstofneutralt certifikat		Costa Rica			1,99	0	-

Reference	System	Data periode	Land	Systemgrænse	Funktionel enhed (FU)	Klimaaftryk (kg CO ₂ ækv. pr. FU)	Andel klimaaftryk fra arealanvendelsesændring (dLUC)	Ferskvand økotoxicitet
(Acosta-Alba et al., 2020)	Kulstofneutralt certifikat		Costa Rica			3,14	0	-
	Kulstofneutralt certifikat		Costa Rica			1,10	0	-
	Kulstofneutralt certifikat		Costa Rica			1,87	0	-
	Kaffe monokultur		Colombia			5,80	0	36 ^c
(Noponen et al., 2012)	Kaffe med overgangsskygge	2014	Colombia	Vugge til gårdport*	1 kg kaffebønner inkl. pergamenthinde	4,60	0	63 ^c
	Kaffe med permanent skygge		Colombia			3,10	0	20 ^c
	Økologisk moderat		Costa Rica			0,26	0	-
	Økologisk intensiv		Costa Rica			0,35	0	-
	Konventionel moderat		Costa Rica			0,46	0	-
	Konventionel intensiv	NA	Costa Rica	Vugge til gårdport	1 kg kaffebær (inkl. frugtkød)	0,58	0	-
	Økologisk moderat		Nicaragua			0,15	0	-
	Økologisk intensiv		Nicaragua			0,36	0	-
	Konventionel moderat		Nicaragua			0,26	0	-
	(Killian et al., 2013)	Konventionel intensiv		Nicaragua			0,35	0
konventionel intensiv		2009-2010	Costa Rica	Vugge til gårdport*	1 kg kaffebær (inkl. frugtkød)	1,50	0	-

Bemærk: * inklusive primær behandling (pulpning, gæring, vask og tørring); - betyder, at undersøgelsen ikke tog højde for ændringer i arealanvendelsen eller økotoxicitet; ^a ikke tilgængelig; ^b enheden for ferskvandsøkotoxicitet er kg 1,4-DBC pr. FU; ^c enheden for ferskvandsøkotoxicitet er CTU e10⁻⁴ pr. FU.

Tabel S4 Kakaoens klimaaftryk beregnet ud fra databasen (Kg CO₂ ækv. per kg kakaobønner).

Nr.	Land	Udbytte (kg/ha)	Arealændringer pr. ha (Kg CO ₂ ækv. ha ⁻¹)	Primærproduktion	Arealændringer	Materialeproduktion	Transport	Affaldsbehandling	Samlet emission
1	Brasilien	1083	0	0,65 (31 %)	0,00 (0 %)	0,51 (21 %)	0,00 (0 %)	0,92 (48 %)	2,08 (100 %)
2	Cameroun	483	8488	0,26 (1 %)	18,10 (93 %)	0,08 (0 %)	0,00 (0 %)	0,92 (5 %)	19,36 (100 %)
3 ^a	Ecuador	1250	20	0,63 (31 %)	0,02 (1 %)	0,47 (20 %)	0,00 (0 %)	0,92 (48 %)	2,03 (100 %)
4	Ghana	589	5582	0,26 (3 %)	9,95 (89 %)	0,18 (1 %)	0,00 (0 %)	0,72 (8 %)	11,11 (100 %)
5	Indonesien	773	19116	0,97 (4 %)	30,15 (92 %)	0,53 (2 %)	0,00 (0 %)	0,72 (3 %)	32,37 (100 %)
6	Côte d'Ivoire	553	11858	0,36 (3 %)	22,41 (94 %)	0,17 (1 %)	0,00 (0 %)	0,71 (3 %)	23,64 (100 %)
7	ROW ^b	NA	0	9,86 (92 %)	0,00 (0 %)	0,80 (7 %)	0,00 (0 %)	0,08 (1 %)	10,74 (100 %)

^a Ændring af arealanvendelsen her er fra flerårig afgrøde til flerårig afgrøde (kakaotræer vil blive fældet efter 20-30 år og nye kaffetræer vil blive plantet); ^b resten af verden.

Tabel S5 Kakaoens ferskvandsøkotoksicitet beregnet ud fra databasen (g 1,4-DCB eq. kg⁻¹ kakaobønner).

Nr.	Land	Udbytte (kg/ha)	Primærproduktion	Arealændringer	Materialeproduktion	Transport	Affaldsbehandling	Samlet emission
1	Brasilien	1083	2,58 (29 %)	0,00 (0 %)	4,19 (57 %)	0,00 (0 %)	0,97 (14 %)	7,73 (100 %)
2	Cameroun	483	0,97 (8 %)	0,48 (4 %)	9,19 (79 %)	0,00 (0 %)	0,97 (8 %)	11,60 (100 %)
3 ^a	Ecuador	1250	2,58 (28 %)	0,48 (6 %)	4,19 (53 %)	0,00 (0 %)	0,97 (13 %)	8,22 (100 %)
4	Ghana	589	1,33 (16 %)	0,48 (6 %)	5,80 (68 %)	0,12 (2 %)	0,85 (11 %)	8,58 (100 %)
5	Indonesien	773	2,42 (22 %)	0,48 (5 %)	6,41 (64 %)	0,12 (1 %)	0,85 (9 %)	10,27 (100 %)
6	Côte d'Ivoire	553	1,33 (12 %)	0,48 (4 %)	8,83 (76 %)	0,12 (1 %)	0,85 (7 %)	11,60 (100 %)
7	ROW ^b	NA	9,67 (15 %)	0,00 (0 %)	52,21 (79 %)	0,48 (1 %)	3,38 (5 %)	65,75 (100 %)

^a Ændring af arealanvendelsen her er fra flerårig afgrøde til flerårig afgrøde (kakaotræer vil blive fældet efter 20-30 år og nye kaffetræer vil blive plantet); ^b resten af verden.

Tabel S6 Kakaos klimaaftryk og ferskvands økotoksicitet fra gennemgangen af videnskabelige artikler.

Referencer	System	Land	Systemgrænse	Funktionel enhed (FU)	Klimaaftryk (kg CO ₂ ækv. pr. FU)	Andel heraf fra arealanvendelsesændring (dLUC)	Ferskvands økotoksicitet
(Caicedo-Vargas et al., 2022)	Konventionel, AF ^a	Ecuador	Vugge til gårdport	1 kg kakao sælges	0,30	-	0,095 ^b
(Parra-Paitan og Verburg, 2022)	Økologisk, AF	Ecuador	Vugge til gårdport	1 kg kakaobønner	0,03	-	0,015 ^b
	AF	Ghana			17	~ 99 %	34 ^c
	Kakao soltørret	Ghana			14	~ 99 %	31 ^c
	Mørk chokolade	Kakao: Ecuador, Ghana, Indonesien Chokolade: Italien			1,90	-	-
(Bianchi et al., 2021)	Mælkechokolade	Kakao: Ecuador, Ghana, Indonesien Chokolade: Italien	Vugge til grav	1 kg chokolade	4.10	-	-
	hvid chokolade	Kakao: Ecuador, Ghana, Indonesien Chokolade: Italien			4.00	-	-
	Kakao chokolade	Kakao: Ghana Chokolade: Storbritannien	Vugge til grav	1 kg pakket chokolade indtaget i hjemmet	2.90-4.15	LUC kan øge udledningen 3-4 gange	-
(Recanati et al., 2018)	Mørk chokolade	Kakao: Peru Chokolade: Italien	Vugge til grav	1 kg mørk chokolade	2,62	-	-
(Leyte et al., 2017)	Kakao	Filippinerne	Port til port	1 kg tørrede kakaobønner	0,629	-	-
(Schroth et al., 2016)	Lav input AF	Brasilien	Vugge til gårdport	1 kg kakaobønner	<0,250	-	-
	Medium input AF	Brasilien			<0,50	-	-
	Høj input AF	Brasilien			>1,00	-	-
(Ortiz-Rodríguez et al., 2016)	Konventionel AF	Colombia	Vugge til gårdport	1 kg kakaobønner	8,00	-	-
	AF	Colombia			8,89	-	-
(Ntiamoah og Afrane, 2008)	Kakao	Ghana	Vugge til fabriksforarbejdning	1 kg kakaobønner forarbejdet	0,323	-	5,84 ^b
(Ivanova et al., 2020)	Konventionel kakao	Peru	Vugge til port	1 kg kakao	24,69	9 9,2 %	
	Økologisk kakao	Peru	Vugge til port	1 kg kakao	22,07	9 5,7 %	
	Semi-teknologisk kakao	Peru	Vugge til port	1 kg kakao	1 3,71	8 3,5 %	

^a AF betyder agroforestry; ^b enheden for ferskvandsøkotoksicitet er kg 1,4-DCB pr. FU; ^c enheden for ferskvandsøkotoksicitet er CTU e10⁴ pr. FU.

Tabel S7 Klimaaftrykket og ferskvandsøkotoxicitets for gummi fra gennemgangen af videnskabelige artikler.

Referencer	System	Land	Systemgrænse	Funktionel enhed (FU)	Klimaaftryk (kg CO ₂ -ækv. pr. FU)	Andel heraf fra arealanvendelsesændring (dLUC)	Ferskvands økotoxicitet (kg 1,4-DCB-ækv. pr. FU)
(Batten et al., 2021)	Majskomfur: Indirekte gæring	USA			2,5	-	-0,05
	Majskomfur: Direkte gæring	USA			0,79	-	-0,05
	Naturgummi	Thailand	vugge til gate proces	1 kg polyisopren	1,18	-	0
(Birnbach et al., 2020)	Syntetisk gummi	Thailand			2,41	-	0,06
	Naturgummi kondomer	Malaysia til Tyskland	Vugge til grav	Et kondom	0,0325	-	-
	Lille gård	Thailand			0,093	-	-
(Usubharatana og Phungrassami, 2018)	Mellem gård	Thailand			0,094	-	-
	Stor gård	Thailand	vugge til gårdport	1 kg frisk latex	0,098	-	-
	Gødning, pesticid, herbicid	Thailand			0,092	-	-
	Dyrkningskoncentreret latex	Thailand	vugge til fabriksport	1 kg koncentreret latex	0,092	-	-
(Riazi et al., 2018)	Gummitræ (med og uden ændring af arealanvendelse)	Thailand			0,5-15,9	0-96,8 %	-
	Guayule	Thailand	vugge til port	1 kg isopren	-4-15	-	-

Referencer

- Acosta-Alba, I., Boissy, J., Chia, E., Andrieu, N., 2020. Integrating diversity of smallholder coffee cropping systems in environmental analysis. *International Journal of Life Cycle Assessment* 25, 252-266.
- Afrane, G., Ntiamoah, A., 2011. Use of pesticides in the cocoa industry and their impact on the environment and the food chain. *Pesticides in the modern world-risks and benefits*. InTech, 51-68.
- Basavalingaiah, K., Paramesh, V., Parajuli, R., Girisha, H.C., Shivaprasad, M., Vidyashree, G.V., Thoma, G., Hanumanthappa, M., Yogesh, G.S., Misra, S.D., Bhat, S., Irfan, M.M., Rajanna, G.A., 2022. Energy flow and life cycle impact assessment of coffee-pepper production systems: An evaluation of conventional, integrated and organic farms in India. *Environmental Impact Assessment Review* 92.
- Batten, R., Karanjikar, M., Spatari, S., 2021. Bio-based polyisoprene can mitigate climate change and deforestation in expanding rubber production. *Fermentation* 7.
- Blonk Sustainability (2022). LUC Impact dataset 2022. Direct Land Use Change Impact dataset. Including 2018 FAO data. Excel file.
- Bianchi, F., Moreschi, L., Gallo, M., Vesce, E., Del Borghi, A., 2021. Environmental analysis along the supply chain of dark, milk and white chocolate: a life cycle comparison. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 26, 807-821.
- Birnbach, M., Lehmann, A., Naranjo, E., Finkbeiner, M., 2020. A condom's footprint-life cycle assessment of a natural rubber condom. *The International Journal of Life Cycle Assessment* 25, 964-979.
- BSI (2011). PAS 2050:2011. Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. London, British Standards Institution.
- Caicedo-Vargas, C., Pérez-Neira, D., Abad-González, J., Gallar, D., 2022. Assessment of the environmental impact and economic performance of cacao agroforestry systems in the Ecuadorian Amazon region: An LCA approach. *Science of The Total Environment* 849, 157795.
- European Commission (2018) PEFCR Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.3, December 14 2017. Online: https://ec.europa.eu/environment/eussd/smqp/PEFCR_OEFSR_en.htm
- FAO, 2022. FAOSTAT.
- Gaveau, D.L., 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. *Sci Rep* 6, 32017.
- Gerber, J.-F., 2011. Conflicts over industrial tree plantations in the South: Who, how and why? *Global Environmental Change* 21, 165-176.
- Giraldi-Díaz, M.R., De Medina-Salas, L., Castillo-González, E., León-Lira, R., 2018. Environmental impact associated with the supply chain and production of grinding and roasting coffee through life cycle analysis. *Sustainability (Switzerland)* 10.

- Hamdan, Fauzi, A.M., Rusli, M.S., Rustiadi, E., 2019. A study of the smallholder coffee agroindustry sustainability condition using the life cycle assessment approach in Bengkulu Province, Indonesia. *J. Ecol. Eng.* 20, 153-160.
- Humbert, S., Loerincik, Y., Rossi, V., Margni, M., Jolliet, O., 2009. Life cycle assessment of spray dried soluble coffee and comparison with alternatives (drip filter and capsule espresso). *Journal of Cleaner Production* 17, 1351-1358.
- IPCC, 2006. Agriculture, Forestry and Other Land Use, in: Eggleston, H.S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K. (Eds.), *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. IGES, Hayama, Japan.
- Ivanova, Y., Tristán Febres, M.C., Romero, M., Charry, A., Lema, S., Choy, J.S., Vélez Betancourt, A.F., Castro Nuñez, A., Quintero, M., 2020. Moving towards a deforestation-free cacao and chocolate value chain with low greenhouse gas emissions.
- Keenan, R.J., Reams, G.A., Achard, F., de Freitas, J.V., Grainger, A., Lindquist, E., 2015. Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *For. Ecol. Manag.* 352, 9-20.
- Killian, B., Rivera, L., Soto, M., Navichoc, D., 2013. Carbon footprint across the coffee supply chain: the case of Costa Rican coffee. *Journal of Agricultural Science and Technology. B* 3, 151.
- Konstantas, A., Jeswani, H.K., Stamford, L., Azapagic, A., 2018. Environmental impacts of chocolate production and consumption in the UK. *Food Res. Int.* 106, 1012-1025.
- Leyte, J., Pacardo, E., Rebancos, C., Protacio, C., Alcantara, A., 2017. Environmental performance of cacao (*Theobroma cacao* L.) production and primary processing. *Philipp J Crop Sci* 42, 51-58.
- Mogensen L., Knudsen M.T., Hashemi F., Jensen A., Kristensen T. 2022 Vidensyntese om livcyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren. 91 sider. Rådgivningsrapport fra DCA – Nationalt Center for Fødevarer og Jordbrug, Aarhus Universitet.
- Noponen, M.R.A., Edwards-Jones, G., Haggard, J.P., Soto, G., Attarzadeh, N., Healey, J.R., 2012. Greenhouse gas emissions in coffee grown with differing input levels under conventional and organic management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 151, 6-15.
- Ntiamoah, A., Afrane, G., 2008. Environmental impacts of cocoa production and processing in Ghana: life cycle assessment approach. *Journal of Cleaner Production* 16, 1735-1740.
- Ortiz-Rodríguez, O.O., Villamizar-Gallardo, R.A., Naranjo-Merino, C.A., García-Caceres, R.G., Castañeda-Galvis, M.T., 2016. Carbon footprint of the colombian cocoa production. *Engenharia Agrícola* 36, 260-270.
- Oulu, M., 2015. The unequal exchange of Dutch cheese and Kenyan roses: Introducing and testing an LCA-based methodology for estimating ecologically unequal exchange. *Ecological Economics* 119, 372-383.
- Parra-Paitan, C., Verburg, P.H., 2022. Accounting for land use changes beyond the farm-level in sustainability assessments: The impact of cocoa production. *Science of the Total Environment* 825.
- Pendrill, F., Persson, U.M., Godar, J., Kastner, T., 2019a. Deforestation displaced: trade in forest-risk commodities and the prospects for a global forest transition. *Environmental Research Letters* 14.

- Pendrill, F., Persson, U.M., Godar, J., Kastner, T., Moran, D., Schmidt, S., Wood, R., 2019b. Agricultural and forestry trade drives large share of tropical deforestation emissions. *Global Environmental Change* 56, 1-10.
- Protocol, G.G., 2011. Product life cycle accounting and reporting standard. World Business Council for Sustainable Development and World Resource Institute.
- Rahmah, D.M., Putra, A.S., Ishizaki, R., Noguchi, R., Ahamed, T., 2022. A Life Cycle Assessment of Organic and Chemical Fertilizers for Coffee Production to Evaluate Sustainability toward the Energy–Environment–Economic Nexus in Indonesia. *Sustainability (Switzerland)* 14.
- Raschio, G., Smetana, S., Contreras, C., Heinz, V., Mathys, A., 2018. Spatio-Temporal Differentiation of Life Cycle Assessment Results for Average Perennial Crop Farm: A Case Study of Peruvian Cocoa Progression and Deforestation Issues. *Journal of Industrial Ecology* 22, 1378-1388.
- Recanati, F., Marveggio, D., Dotelli, G., 2018. From beans to bar: A life cycle assessment towards sustainable chocolate supply chain. *Science of The Total Environment* 613, 1013-1023.
- Riazi, B., Karanjikar, M., Spatari, S., 2018. Renewable Rubber and Jet Fuel from Biomass: Evaluation of Greenhouse Gas Emissions and Land Use Trade-offs in Energy and Material Markets. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 6, 14414-14422.
- Schroth, G., Jeusset, A., Gomes, A.d.S., Florence, C.T., Coelho, N.A.P., Faria, D., Läderach, P., 2016. Climate friendliness of cocoa agroforests is compatible with productivity increase. *Mitigation and adaptation strategies for global change* 21, 67-80.
- Trinh, L.T.K., Hu, A.H., Lan, Y.C., Chen, Z.H., 2020. Comparative life cycle assessment for conventional and organic coffee cultivation in Vietnam. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 17, 1307-1324.
- Tyukavina, A., Hansen, M.C., Potapov, P., Parker, D., Okpa, C., Stehman, S.V., Kommareddy, I., Turubanova, S., 2018. Congo Basin forest loss dominated by increasing smallholder clearing. *Science Advances* 4, eaat2993.
- Usubharatana, P., Phungrassami, H., 2018. Carbon footprints of rubber products supply chains (Fresh latex to rubber glove). *Appl. Ecol. Environ. Res.* 16, 1639-1657.
- Usva, K., Sinkko, T., Silvenius, F., Riipi, I., Heusala, H., 2020. Carbon and water footprint of coffee consumed in Finland—life cycle assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment* 25, 1976-1990.
- Valenzuela-Vergara, E., Castañeda-Sánchez, D., Cano-Londoño, N., 2019. Determination of plantain crops associated with coffee environmental impacts on agroecosystems by means of life cycle assessment: Case study in the southwest of antioquia (Colombia). *DYNA* 86, 112-121.
- van der Werf, G.R., Morton, D.C., DeFries, R.S., Olivier, J.G.J., Kasibhatla, P.S., Jackson, R.B., Collatz, G.J., Randerson, J.T., 2009. CO₂ emissions from forest loss. *Nature Geoscience* 2, 737-738.
- Vera-Acevedo, L.D., Vélez-Henao, J.A., Marulanda-Grisales, N., 2016. Assessment of the environmental impact of three types of fertilizers on the cultivation of coffee at the Las Delicias indigenous reservation (Cauca) starting from the life cycle assessment. *Rev. Fac. Ing.* 2016, 93-101.