



klimamærkning af fødevarer

Funktionelle enheder
i relation til produkters
klimaaftryk og klimamærkning

klimamærkning af fødevarer

**Funktionelle enheder i relation til produkters
klimaaftryk og klimamærkning**

Climate labeling of food

**Functional units in relation to the climate footprint
and climate labeling of products**

Marts 2025

Rapport af:

Ellen Trolle
Emilia Stoltenborg Lagoni

Copyright:

Hel eller delvis gengivelse af denne publikation er tilladt med kildeangivelse

Forsidefoto:

Colourbox

Udgivet af:

DTU Fødevareinstituttet
Henrik Dams Allé
2800 Lyngby

ISBN:

978-87-7586-038-8

food.dtu.dk

Forord

Denne rapport dækker første del af et projekt, som har til formål at kvalificere udviklingen af klimamærkning på fødevarer og drikkevarer i Danmark. Projektet er defineret i samarbejde mellem DTU Food og Fødevarestyrelsen og belyser fordele og ulemper ved brug af forskellige funktionelle enheder for klimaaftrykket i forbindelse med klimamærkning.

Tak til kolleger fra forskningsgruppen Ernæring, Bæredygtighed og Sundhedsfremme ved DTU Fødevareinstituttet for at bidrage med input vedrørende data og litteratur. Tak til Cecilie L Licht for bidrag til litteratursøgning. Særlig tak til Elinor Hallström, professor, Anne Dahl Lassen, seniorforsker og Julie Marvel Mansfeldt, videnskabelig assistent, for gennemlæsning og kommentarer.

Projektet er gennemført fra marts 2024 til august 2024 og er finansieret af Fødevarestyrelsen. Medlemmer af interessentgruppen vedr. klimamærkning, inkl. Fødevarestyrelsen havde mulighed for at kommentere på et udkast af rapporten. I den endelige rapport er der taget højde for kommentarerne i det omfang, det har været muligt at verificere med de anvendte data, og i det omfang, det har bidraget til at forbedre teksten.

DTU Lyngby, januar 2025

Indhold

| | |
|---|----|
| Sammendrag | 5 |
| 1. Introduktion..... | 8 |
| 2. Formål | 9 |
| 3. Metode | 9 |
| 3.1 Litteratursøgning | 9 |
| 3.2 Eksempler ud fra egne estimater..... | 10 |
| 3.3 Behandling af resultater | 12 |
| 4. Resultater | 12 |
| 4.1 Udbredelsen af vægtenhed som FU..... | 12 |
| 4.2 Sammenligninger af opgørelse af klimaaftryk med forskellig FU..... | 14 |
| 5. Opsummering, diskussion og konklusion..... | 30 |
| Referencer | 32 |
| Bilag A | 38 |

Sammendrag

Formålet med dette projekt er at belyse betydningen af valg af Funktionelle Enheder (FU) i relation til mærkning af fødevarer og drikkevarers klimaaftryk, samt at udføre en analyse af fordele og ulemper ved brug af forskellige funktionelle enheder på tværs af forskellige produktgrupper. Produkter er i denne rapport en samlet betegnelse for fødevarer og drikkevarer

I LCA-studier beregnes produkternes klimaaftryk (kg CO₂e) typisk med vægt eller volumen som FU, dvs. kg CO₂-ækvivalenter per kg fødevarer eller liter drikkevarer, hvor forudsætningerne for beregningerne defineres, f.eks. at systemgrænserne går fra primærproduktion til detailhandel.

Produkternes vand-, tørstof- og energiindhold samt næringsstofsammensætning varierer afhængig af det enkelte produkt, og om hvorvidt produktet er tilberedt eller i rå form. Derfor kan en ændret FU, der er baseret på disse forhold, påvirke, at klimaaftrykket ændres for produkterne.

En arbejdsgruppe, nedsat af Fødevarestyrelsen, har i 2023 givet anbefalinger vedr. udformningen af en klimamærkning af fødevarer og drikkevarer, herunder, at klimamærkets grafiske identitet skal fremstilles som en skalamodel, hvor alle fødevarer og drikkevarer kan indplaceres på skalaen ud fra produkternes klimaaftryk, så det er muligt at sammenligne aftrykket fra forskellige produkter. Arbejdsgruppen har foreslået, at produkternes klimaaftryk, målt i kg CO₂e, skal angives per kg produkt, dvs. at FU er vægt f.eks. kg eller 100 g. Der er dog åbenhed over for at inddrage andre FU f.eks. tørstof- eller proteinindhold, hvis de opfylder formålet. Det fremgår desuden, at Fødevarestyrelsen har besluttet, at der ikke arbejdes videre med en skalamodel, der både indeholder en søjle for klima og en søjle for ernæring.

Metode: Resultaterne er fremkommet dels ved gennemgang af litteratur, der er fremskaffet via litteratursøgninger og referencelister i baggrundsartikler, samt rapporter fundet via googlesøgninger mm, dels ved eksempler på estimater, baseret primært på danske data. Forskelle ved brugen af forskellige FU i egne estimater blev vist ud fra placeringer på ranglister og visuelt i søjlediagrammer og grafer.

Resultater: Den funktionelle enhed angivet i vægt er overvejende blevet brugt i LCA-studier og anbefales i europæiske standarder. Desuden anvendes vægt som FU i flere databaser over produkters klimaaftryk. Resultaterne af søgningen på eksisterende klimamærker og forslag til klimamærkning, viste også, at vægt eller volumen er hyppigst brugt som FU. Denne enhed er beskrevet i litteraturen som værende uden målefejl, let at forstå af forbrugeren og samme enhed som for den obligatoriske næringsdeklaration og kan derfor tillade sammenligning. Denne enhed gør det muligt at relatere til et mål for klimaaftrykket for den samlede kost.

Omvendt så afspejler FU angivet i vægt eller volumen ikke de forskellige funktioner, som forskellige fødevarer og drikkevarer har. En vigtig funktion er, at fødevarer tilfører energi og næringsstoffer, som er nødvendige for vækst og opretholdelse af kroppens funktioner.

Litteraturen bekræftede også, at studier har undersøgt forskellen mellem brugen af forskellige FU, hvor per kg produkt sammenlignes med per 100g tørstof eller per MJ, hvorfor det også er

undersøgt med ene data. Studier har også brugt portioner eller styk som FU, hvorfor det også vurderes. Endelig vurderes brug af kg spiselig del af produktet og kg tilberedt eller ikke-tilberedt produkt som FU.

Enkelte studier og egne analyser viser, at produkter til en vis grad ranglistes i forskellig rækkefølge, når klimaaftryk opgøres per tørstofindhold (f.eks. per 100 g tørstof) sammenlignet med per kg af produktet. Animalske produkter ligger stadig højere end vegetabiliske, men der var produkter, som skiftede plads, idet produkter med lavt tørstofindhold (og højt vandindhold) f.eks. blomkål, får et relativt højere aftryk per 100 g tørstof, mens produkter med højt tørstofindhold som f.eks. planteolier, får et relativt lavere per 100g tørstof. Egne estimater på udvalgte produkter viser f.eks., drivhustomat og melon får aftryk som hhv. oksekød (med en høj fedt%) og grisekød med 10% fedt, fordi der er et lavt tørstofindhold i tomater og meloner. Desuden har mineralvand et meget lavt tørstofindhold og får således et meget højt klimaaftryk per 100g tørstof. For produkter, der oprindeligt er samme produkt, men varierer i vandindhold og i klimaaftryk per kg produkt, nærmer klimaaftrykket opgjort per 100g tørstof hinanden. I nogle tilfælde er klimaaftrykket per 100g tørstof således en relevant oplysning, så evt. forskelle i klimaaftryk ikke kun skyldes fortynding eller fjernelse af vand. For produkter med et naturligt vandindhold, hvad enten det er højt eller lavt, giver det ikke en forbedring at bruge tørstof som FU, når klimaaftrykket skal opgøres og sammenlignes mellem produkter. Det hænger bl.a. sammen med, at tørstofindholdet ikke afspejler funktionen af disse produkter, idet det f.eks. for de vandholdige produkter kan ses som en funktion at bidrage med vandindhold i kosten. Ved at bruge MJ (energiindhold) som FU opnås omtrent samme effekt som ved enheden tørstofindhold, fordi det primært er de energigivende næringsstoffer (fedt, kulhydrat (herunder sukker) og protein (samt alkohol), der bidrager til tørstofindholdet, men for produkter uden energiindhold f.eks. drikkevarer som vand på flaske og sodavand uden tilsat sukker kan denne enhed ikke anvendes.

Ved eksempler vises, at der er fordele ved at bruge vægten af den spiselige del som FU fremfor hele produktets vægt, f.eks. kyllingefilet og hel kylling med ben mm. Ligeledes vises, at der kan være fordele ved at eliminere forskelle, som skyldes, at et produkt er i rå form og et tilsvarende produkt er tilberedt, f.eks. kødprodukter eller tørrede bønner. Overvejelser vedrørende brug af portionsstørrelser og enheder resulterede i, at der ikke blev foretaget estimater med disse enheder. Skønt portioner eller styks kan være relevante for produkter, som sælges i portionsstørrelser, som f.eks. færdigretter eller i styks-enheder som f.eks. chokolade, slik, sodavand og øl, er der ikke veldefinerede portionsstørrelser for alle produkter.

Næringsstofindhold relateret til klimaaftryk er indgået i mange forskningsprojekter og rapporter i de senere år, og næringsindhold som FU for klimaaftryk er også undersøgt i flere studier. En del studier har brugt proteinindhold som FU og vist, at det kan give supplerende information, når det drejer sig om proteinholdige fødevarer, men ikke som FU for alle fødevarer. Tilsvarende ses for andre næringsstoffer, enkeltvis. Da fødevarer bidrager med mange forskellige næringsstoffer og i forskellige mængder, har udvikling af en ernæringskvalitetsscore eller -indeks været afprøvet i flere studier, de første i 2009, dog ikke i relation til klimaaftryk. Rapporten beskriver, at ernæringskvalitetsscore typisk summerer indholdet af næringsstoffer relateret til et referenceindtag, og at det kan gøres på mange måder, f.eks. kan forskellige næringsstoffer og forskellige referenceværdier. Der er ikke konsensus om en score, som er bedst i forhold til at fungere som FU ved klimamærkning, og der er en række udfordringer ved at bruge ernæringskvalitetsscore som FU, som endnu ikke er løst.

Konklusion:

Der er fordele ved at bruge vægt af produktet som FU:

- Forbrugeren kan relatere til en vægtenhed,
- Det kræver ikke andre data end klimaaftryk per kg at estimere værdierne
- Disse enheder bruges også i næringsdeklarationen på fødevarer og drikkevarer,
- Produkternes klimaaftryk per vægt kan umiddelbart sammenlignes,
- Kan danne grundlag for omregning til andre FU i fødevaretabeller, typisk opgjort per 100g.
- Det er desuden muligt at forklare forbrugeren, hvordan mærket kan bruges, og hvordan mærkningen kan støtte op om fødevarerforbruget og kostens sammensætning, så klimaaftrykket ligger inden for de planetære grænser (Trolle og Lagoni 2025).

Klimaaftrykket per vægt eller volumen-enhed kan ikke bruges til direkte substitution mellem produkter, fordi vi typisk spiser fødevarer i meget forskellige mængder, og de bidrager med forskellige næringsstoffer og energiindhold og indgår på forskellig vis i måltider og kosten generelt. Det kræver en mere omfattende analyse at vurdere værdien af substitution mellem produkter, men det vil stille produkterne mere lige, hvis klimaaftrykket bliver opgjort per kg eller 100g spiselig del. For de produkter, hvor det har afgørende betydning for klimaaftrykket, bør det fremgå, om klimaaftrykket er beregnet per kg spiselig del eller per kg produkt. Samtidigt kan der være oplysning om vægten af den spiselige del af produktet.

Tørstofindhold er ikke en FU, som kan bruges til sammenligning mellem alle produkter, men det kan overvejes at supplere med oplysning om klimaaftryk per tørstofindhold for produkter, som kan indeholde mere eller mindre vand.

Det er desuden vigtigt at være opmærksom på at udforme mærket, så det ikke kan forstås som en mærkning af produktets ernæringsmæssige kvalitet og bidrag til sundhed.

1. Introduktion

Forud for etablering af et klimamærke til fødevarer og drikkevarer, er dette projekt udviklet i forlængelse af rapporten "Udvælgelse af 500 generiske fødevarer og drikkevarer til klimamærkning" (Lagoni m.fl., 2025).

I 2022 nedsatte Fødevarestyrelsen en arbejdsgruppe bestående af repræsentanter fra fødevarerebranchen, forbrugerorganisationer og detailhandlen. Arbejdsgruppen har kollektivt diskuteret synspunkter og erfaringer vedrørende klimamærkning af fødevarer og drikkevarer. Formålet med klimamærket er helt overordnet at gøre det lettere for forbrugerne at træffe et fødevalg med et lavere klimaaftryk og samtidig fremme virksomheders og landbrugets produktudvikling i en retning, der understøtter fødevarereproduktion med lavere klimabelastning (Fødevarestyrelsen 2023). Gruppen er kommet til enighed om specifikke anbefalinger vedrørende til klimamærkets grafiske identitet og funktionelle enhed (Fødevarestyrelsen 2023).

Med afsæt i en workshop fra 2022, hvor forskellige mærker blev afprøvet, udtrykte arbejdsgruppen et ønske om, at klimamærkets grafiske identitet skal fremstilles som en skalamodel, hvor alle fødevarer og drikkevarer på tværs af fødevareregrupper kan rangeres i forhold til hinandens klimaaftryk. Denne model foreslås at være cylinderformet, hvor produkterne, baseret på deres klimaaftryk, arrangeres langs en farvekodet skala, der graduerer fra grøn til rød markeret med bogstaverne A-E. Klimaaftrykkene skal være sammenlignelige. Arbejdsgruppen foreslår, at produkternes klimaaftryk, målt i kg CO₂e, skal angives per kg produkt. Der er dog åbenhed over for at inddrage andre funktionelle enheder f.eks. tørstof- eller proteinindhold, hvis de opfylder formålet. Det fremgår desuden, at Fødevarestyrelsen har besluttet, at der ikke arbejdes videre med en skalamodel, der både indeholder en søjle for klima og en søjle for ernæring.

For at beregne produkternes klimaaftryk, har Aarhus Universitet udviklet en metode baseret på livscyklusanalyser (LCA) (Zhen m.fl. 2024). LCA er et analytisk værktøj, som evaluerer input og output samt den potentielle miljømæssige påvirkning for produktsystemer gennem produktionsfaserne. Den funktionelle enhed er defineret som den kvantificerede ydeevne af et produktsystem til brug som referenceenhed eller let omskrevet: Den funktionelle enhed (FU) er den referenceenhed, som repræsenterer den kvantitative ydeevne af et produktsystem (International Organisation for Standardisation, 2006).

I LCA-studier er den anvendte FU typisk "kg produkt", idet fødevarernes klimaaftryk typisk beregnes i kg CO₂-ækvivalenter (CO₂e) per kg produkt, dvs. kg CO₂e per kg fødevarer eller drikkevarer (McLauren m.fl. 2021), hvor forudsætningerne for beregningerne defineres, f.eks. systemgrænserne fra primærproduktion til detailhandel.

I fødevarer varierer vand- og tørstofindhold samt energi- og næringsstofsammensætning afhængig af produktet, og hvorvidt produktet er tilberedt eller ikke, og derfor kan en ændret FU, der er baseret på disse indhold, bevirke, at klimaaftrykket ændres for produkterne (Chapa m.fl. 2020).

2. Formål

Formålet med dette projekt er at belyse betydningen af valg af FU i relation til fødevarer og drikkevarers klimaaftryk og klimamærkning og udføre en analyse af fordele og ulemper ved brug af forskellige FU på tværs af forskellige produktgrupper. Dette vil omfatte en undersøgelse af fordele og ulemper ved forskellige FU, baseret på litteraturstudier, og eksempler på egne estimater, med primært danske data.

Projektet inddrager ikke eksempler på sammensatte produkter, og fordele og ulemper i forhold til at bruge næringsstofindhold som FU baseres udelukkende på litteraturen og ikke egne estimater.

Produkter er i denne rapport en samlet betegnelse for fødevarer og drikkevarer.

3. Metode

3.1 Litteratursøgning

Der er foretaget litteratursøgninger i databaserne Scopus og Web of Science. Søgningen blev foretaget d. 5. april 2024 i begge databaser. Formålet med søgningen var at finde frem til studier, der har brugt forskellige FU, og især studier, der sammenligner brug af forskellige FU. Følgende søgestreng blev brugt: ("functional unit*" OR FU) AND (LCA OR "carbon footprint" OR CF OR "greenhouse gas emission") AND (food* OR diet*). I Web of Science blev søgningen begrænset til "Topic". Søgningen gav i alt 415 antal hits. I Scopus blev søgningen ligeledes begrænset til "Article title, Abstract, Key words". Søgningen gav i alt 471 hits. I alt blev 885 artikler fundet. Doubletterne blev efterfølgende fjernet med prioritet i at beholde artiklerne fra Scopus, hvilket gav et resultat af 553 antal artikler i alt. Søgningen blev ikke begrænset i tid. Den ældste reference var fra 1999.

Udvælgelse af relevante artikler blev foretaget i følgende trin. Først blev der foretaget en udvælgelse af relevante artikler ved screening af abstracts og titler i referencehåndteringsprogrammet RYAAN (version 2023). Forud for screeningen blev der opstillet inklusionskriterier, som artiklerne skulle opfylde for at blive inkluderet:

- Hvis, artiklerne undersøger fødevarer eller drikkevarer, hvor der er flere FU, som undersøger klimaaftrykket (kg CO₂ eller CO_{2e}).
- Hvis, artiklerne argumenterer for brugen af de udvalgte FU f.eks. fordele og ulemper.
- Hvis, artiklerne giver et overblik eller beskriver forskellige FU.

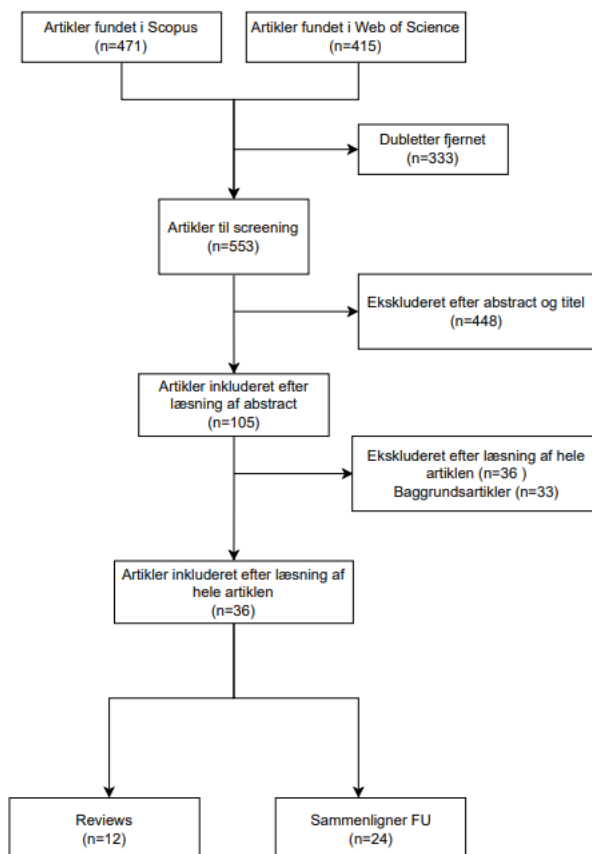
Artikler blev ekskluderet, hvis de opfyldte følgende eksklusionskriterier:

- Hvis artikler kun beskriver produkters klimaaftryk med én FU.

Udvælgelsen af artikler blev foretaget af to forskere, som uafhængigt har screenet titel og abstract. Efterfølgende blev inklusion af de artikler, der var vurderet forskelligt, afgjort i dialog mellem de to forskere.

I alt blev 105 artikler inkluderet ved læsning af abstract og titel, og 448 artikler ekskluderet.

Af de 105 artikler, blev yderligere 36 artikler ekskluderet og 33 artikler karakteriseres som baggrundsartikler, idet de kan give nyttig forståelse for forskningsområdet generelt. I alt blev 36 artikler inkluderet: 24 artikler sammenligner FU med hinanden, og derudover er 12 artikler er reviews. De inkluderede artikler blev kategoriseret i fællesskab. Se flow i Figur 1.



Figur 1. Flow over udvælgelse af artikler fra litteraturen, der sammenligner forskellige funktionelle enheder (FU) i relation til klimaaftryk for fødevarer og drikkevarer.

Med henblik på at få indblik i hvilke klimamærker eller mærker, der bredere angiver bæredygtigheden af produktet, der er beskrevet og/eller findes f.eks. i detailhandlen, også i andre lande, blev der foretaget en litteratursøgning i Scopus og Web of Science, samt en google-søgning af rapporter mm ("grå litteratur"). Søgningen resulterede i 14 videnskabelige artikler og 10 artikler fra den "grå litteratur". Beskrivelsen af disse mærker fokuserer på hvilke FU, der er anvendt, og hvorvidt den valgte FU er begrundet.

3.2 Eksempler ud fra egne estimater

3.2.1 Datakilder

Næringsstoffer og tørstofindhold

Data om næringsindhold f.eks. protein, energi og tørstofindhold per 100g produkt er hentet direkte fra frida.fooddata.dk, som er linket direkte til produktets Frida-ID. Energi er opgjort i kJ (DTU Fødeveareinstituttet 2024).

Klimaaftryk

Data for klimaaftryk (kg CO₂e per kg produkt) er baseret på AU-DTU data (Trolle m.fl. 2022) med supplerende data fra Agribalyse for enkelte produkter (Agribalyse 2024). Tæt på alle produkter inkluderer systemafgrænsningen fra (landbrugs-) produktion til detailhandel og indeholder stadiene (landbrug) produktion, forarbejdning, emballage og transport, fra livscyklusanalysen. Da AU-DTU ikke har differentieret mellem kød- og malkekvæg i udregningerne for klimaaftryk, er supplerende data herom anvendt (Mogensen m.fl.2020). Der indgår således ikke husholdningsspild i estimaterne, men der er taget højde for "uundgåeligt spild" ved beregning af vægten af spiselig del, når der fokuseres på kg spiselig del som FU.

Den spiselige del, tilberedte produkt, portionsstørrelser og vægt

Data om produkternes spiselige del dvs. information om, hvor mange procent af et produkt, der er spiseligt, er indhentet fra DTU's rapport om mål, vægt og portionsstørrelser. Ligeledes er information om produkternes rå vægt, tilberedt spiselige del, den ikke spiselige del samt tilberedningssvind fra denne rapport (Ygil 2013).

3.2.2 Eksempel på udregning af funktionel enhed

Eksemplet tager udgangspunkt i kg tørstofindhold. Tørstofindholdet er fundet i fødevaretabellen frida.fooddata.dk (DTU fødevareinstituttet, 2024).

Efter udvælgelsen af produkterne er kg CO₂e beregnet for de forskellige FU.

Følgende viser et eksempel på beregning af klimaaftrykket (kg CO₂e) per kg tørstofindhold i en melon:

$$\text{Klimaaftryk per 1 kg melon} = 1,31 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

$$\text{Tørstofindhold per 100g melon} = 9,20\text{g}$$

$$\text{Beregning af klimaaftryk for 100g tørstof i en melon} = \frac{1,31 \text{ kg CO}_2\text{e}}{9,20\text{g tørstof}} * 10$$

$$\text{Klimaaftryk per 100g tørstof i en melon} = 1,42 \text{ kg CO}_2\text{e}$$

3.2.3 Beskrivelse af produkterne

Til at illustrere effekten på ranglisten af produkter efter deres klimaaftryk, afhængig af brugen af forskellige FU, er der udvalgt 39 generiske produkter. Produkterne er udvalgt efter følgende kriterier:

- Produkterne, som indgår, skal både afspejle friske fødevarer, forarbejdede fødevarer og drikkevarer.
- Produkterne skal have varierende klimaaftryk baseret på kg CO₂e per kg produkt.
- Der skal være en forskel mellem eksemplerne baseret på, om de er rå, tilberedte, tørrede og vandholdige produkter.
- Flere af produkterne må gerne være varianter af samme produkt, f.eks. med forskelligt fedtindhold.
- Produkterne skal variere i både næringsstofsammensætning, næringskvalitet og energiindhold.

Derudover er produkterne valgt tilfældigt. Produkterne er blevet matchet med produkter fra DTU's database Frida, hvorfor der refereres til Frida-ID-nummer, se Tabel 2, afsnit 4.2.

3.3 Behandling af resultater

Resultaterne i dette projekt består dels af en gennemgang af resultater vedrørende brugen af forskellige FU i litteraturen, dels ved at præsentere effekten af forskellige FU med egne data. Alle produkter er blevet rangeret fra det højeste klimaaftryk til det laveste og præsenteret i grafer og søjlediagrammer. Udvalgte produkter har fået en farve for at gøre det overskueligt at følge med, når rangordenen ændrer sig afhængigt af FU.

Medlemmer af interessentgruppen vedr. klimamærkning, inkl. Fødevarestyrelsen (Fødevarestyrelsen 2023) havde mulighed for at kommentere på et udkast af rapporten. I den endelige rapport, er der taget højde for kommentarerne i det omfang, det har været muligt at verificere med de anvendte data, og i det omfang det har bidraget til at forbedre teksten.

4. Resultater

4.1 Udbredelsen af vægtenhed som FU

Den mest anvendte FU i forbindelse med opgørelse af klimaaftryk af produkter er masse, f.eks. kg CO₂e per kg produkt (Bianchi m.fl. 2021; Chapa m.fl. 2020; Hallström m.fl. 2015; McLauren m.fl. 2021).

Opgørelse af klimaaftrykket per vægt- eller volumenenhed, f.eks. pr kg og per liter, eller per 100 g og 100 ml, for henholdsvis faste og flydende produkter, har umiddelbart den fordel, at det er den enhed, der er mest brugt ved opgørelse i LCA-studier (McLauren m.fl. 2021) og i forskellige databaser over produkters klimaaftryk, som f.eks. RISE klimadatabase (RISE 2023), Agribalyse (Agribalyse 2024), AU-DTU data (Trolle m.fl. 2022) og andre som beskrevet af Mogensen m.fl. (2022), hvilket fremmer muligheden for sammenligning mellem forskellige opgørelser og databaser. Det er således velkendt, at animalske produkter generelt har et højere klimaaftryk end vegetabiliske produkter per kg produkt. Især ligger klimaaftryk for kød fra drøvtyggere højt, mens mange grøntsager og cerealier ligger lavt, som vist f.eks. i Mogensen m.fl. (2020).

Ifølge McLaren m.fl. (2021) er vægt eller volumen desuden anbefalet som FU i nogle LCA guidelines (McLauren m.fl. 2021), f.eks. ENVIFOOD Protocol, som er knyttet til European Commission's Product Environmental Footprint initiative (PEF) (De Camillis m.fl. 2012). Det anbefales, at FU svarer til EU's regler for næringsmærkning, som opgøres per vægt eller volumen (100 g / ml), hvor volumen kan anvendes for drikkevarer, idet 1 liter drikkevarer vejer omtrent 1 kg. Alternativt kan andre FU anvendes (per portion, per ret eller måltid eller per styk), hvis det er angivet i pågældende PCR (Product Category Rules) (McLauren m.fl. 2021).

I flere videnskabelige artikler (Edenbrandt og Lagerkvist 2021; Fresacher og Johnson 2023; Maier 2024; Röö's m.fl. 2014), der beskriver forskellige former for klimamærker, var FU en vægt-enhed, opgjort per kg eller 100 g produkt (Gay m.fl. 2023; Edenbrandt og Nordström 2023; Marette 2022; Stephansen og Lane 2024; Stremmel m.fl. 2024; Taufique m.fl. 2022).

Flere artikler (f.eks. Fresacher og Johnson 2023; Marette 2022; Potter m.fl. 2024) har undersøgt en skalamodel med inspiration fra NutriScore-skalaen, som er udviklet til at mærke produkters næringsværdi med en samlet score, hvor værdien angives med farvekoder fra rød, lav næringsværdi, til lysegrøn/grøn, høj næringsværdi, med enten 5 eller 7 trin (Merz m.fl. 2024). I Frankrig er mærket Eco-score (Consumer Goods forum og Institut du Commerce 2022) videreudviklet fra Nutri-Score. I et baggrundsdokument for udviklingen af det officielle mærke i Frankrig fremgår det, at den mest brugte FU ved beregning af en LCA-score er vægt (kg) eller volumen (liter), men i cateringsektoren beregnes aftrykket også per måltid. Da der ikke er konsensus, og da der afventes anbefalinger fra FAO, anses det at være bedst at holde sig til vægt eller volumen som FU (Consumer Goods forum og Institut du Commerce 2022).

Den engelske nonprofitorganisation Foundation Earth er også kommet ud med et Eco-mærke, baseret på LCA metodik svarende til EU's PEF-regler (som tidligere nævnt per vægtenhed som FU), men for 16 indikatorer inkl. klimaaftryk, som via en beregner rangerer det samlede aftryk mellem A+ og G. Mærket bygger på det samme design som NutriScore. Foundation Earth samarbejder med store virksomheder, f.eks. Nestlé, Lidl, Unilever (Foundation Earth 2024). Et engelsk studie bruger ligeledes Eco-mærkning med inspiration fra NutriScore og trafiklysmodellen, til at udforme et mærke, som forestiller en blomst med blade, som rangerer i farver og størrelser afhængig af klimaaftrykket og miljømæssige aftryk som nævnt tidligere. Klimaaftrykket er opgjort i kg CO_{2e} per 100 g produkt og omregnet til en score, som herefter kombineres med tilsvarende scores for vandforbrug, arealanvendelse og biodiversitet (Potter m.fl. 2024).

Et svensk studie foreslår en smiley-mærkning i 4 trin markeret med trafiklysfarver til brug for en kød-guide. Klimaaftryk, biodiversitet, kemiske pesticider, dyrevelfærd indgår, og FU for klimaaftryk er kg produkt (Röö's m.fl. 2014). Potter & Röö's har tilsvarende udviklet mærkningskriterier for produkter, som er planter eller baseret på planter (Potter & Röö's, 2021). Et dansk studie har præsenteret et mærke, som illustrerer et træ, hvor farven på træet indikerer, om klimaaftrykket er højt, mellem eller lavt, opgjort per kg produkt (Stephansen og Lane 2024).

Nogle studier har benyttet sig af stjerner som indikator på, hvor højt klimaaftrykket er for et givent produkt. Det gælder for Mcheck-mærket, der bruger op til 5 stjerner, har kg produkt som FU og fokuserer på parametre som klimaaftryk og dyrevelfærd (Maier, 2024). Desuden er det pågældende klimaaftryk præsenteret som tilsvarende antal kilometer kørt i bil (Maier, 2024).

Research Institute of Sweden (RISE) har udviklet et klimamærke for hele måltider. Mærket er en skala med stjerner fra 0 til 3 stjerner, hvor 3 stjerner angiver det laveste aftryk ("kan opfylde et langsigtet mål for reduceret klimaaftryk), 2 stjerner er "halvvejs til målsætningen, 1 stjerne er "godt trin på vejen", mens 0 stjerner står for "for lille forandring i forhold til i dag" (RISE 2021). Fra samme sted er der foreslået en mærkning, som opdeler fødevarer og drikkevarer i 10 grupper, med forskellige kriterier for mærkning af klimaaftryk efter en 5 punkts skala (RISE 2023). Klimaaftrykket er opgjort i kg CO_{2e} hhv. per måltid og per kg produkt.

Den hollandske Ecochain, som er en LCA-software virksomhed, har ligeledes udviklet et mærke, som er opgjort i kg CO₂e per kg produkt. Ifølge virksomheden, har de udregnet klimaaftryk for 2 millioner produkter. En online artikel fra juni 2020 på Ecochains hjemmeside beskriver en kampagne af det svenske firma Oatly, hvor de opfordrer andre til at vise klimaaftryk af deres produkter. På emballagen sammenligner de klimaaftryk fra havredrik med mælk og bruger volumen (liter) som FU. Ligeledes refereres der til Quorns køderstatningsprodukter, som også oplyser klimaaftryk og bruger vægtenhed som FU. Artiklen påpeger, at der er stor forskel på næringsindholdet i produkterne, men at forbrugeren har mulighed for at tage højde for dette, fordi det til en vis grad fremgår af den obligatoriske næringsdeklaration på produkterne (Ecochain 2020).

En rapport udarbejdet til EU-parlamentet indeholder anbefalinger til, hvordan et europæisk klimamærke kan illustreres og implementeres. Den peger på fordele ved, at mærkningen baseres på produktpriser dvs. som klimaaftryk per Euro brugt, idet dette ville tage højde for "monetary rebound"-effekten og give muligheden for at sammenligne produkters klimaaftryk på tværs af produktgrupper. Det fremgår, at der ikke for nuværende er databaser over data, som en sådan mærkning kan baseres på. Rapporten foreslår desuden, at klimaaftryk og andre miljømæssige kategorier, baseres på PEF og PCR (der som beskrevet ovenfor bygger på vægt af produkt som FU (McLauren m.fl. 2021)), idet der dog bliver peget på, at reglerne med fordel kunne forsimples (Weidema og Eliassen 2023).

I et forslag til klimamærkning (trafiklys skala, 5 trin) (Lemken m.fl. 2021) argumenteres der for at bruge vægt som FU. Denne enhed er enkel, kendt, uden målefejl, let at forstå af forbrugeren. Det er desuden samme referenceenhed som for den obligatoriske næringsdeklaration og kan derfor tillade sammenligning. I artiklen vises også, hvordan man med denne enhed kan relatere til et mål for klimaaftrykket for den samlede kost (Lemken m.fl. 2021). Tilsvarende nævnes i en rapport, der opstiller principper for mærkning af fødevarer med henblik på, at mærkningen støtter sund og bæredygtig kost, at FU per vægt er en enhed, som tillader sammenligning af produkter generelt, og at det for nogle produkter, f.eks. måltider eller chokoladebarer er relevant at bruge enheder i form af portion eller styk (WBCSD 2021) (World Business Council for Sustainable Development, en organisation med mere en 230 førende virksomheder som medlemmer). Rapporten nævner også fordele ved at sammenligne inden for kategorier, som PEF.

Omvendt så afspejler FU, opgjort efter vægt eller volumen, ikke de forskellige funktioner, som fødevarer har (McLauren m.fl. 2021). En vigtig funktion er, at fødevarer tilfører energi og næringsstoffer, som er nødvendige for vækst og opretholdelse af kroppens funktioner, velbefindende og sundhed. Fødevarer har også funktioner som at give mæthedsfølelse og nydelse, samt at bidrage til social and kulturel sammenhæng og udveksling (McLauren m.fl. 2021).

4.2 Sammenligninger af opgørelse af klimaaftryk med forskellig FU

Litteratursøgningen gav 24 artikler, som sammenlignede virkningen på klimaaftrykket af at bruge forskellige FU. Artiklerne blev gennemgået med fokus på hvilke produkter, der indgår i artiklen, hvilke FU der sammenlignes og hovedkonklusionen i forhold til sammenligning af FU i artiklen. Tabel 1 giver en oversigt over artiklerne, hvilke FU der indgår i artiklerne, og hvad artiklerne viser.

Tabel 1. Oversigt over artikler der sammenligner FU relateret til klimaaftryk.

| Artikel | Produkt | FU | Hovedkonklusion |
|--------------------------|--|--|---|
| (Bianchi m.fl. 2021) | Mørk chokolade, mælkechokolade og hvid chokolade | Kg produkt, energi-indhold | Relativt samme klimaaftryk (CO ₂ e) uanset FU. |
| (Casson m.fl. 2019) | Burger med kød og burger med bælgrugter | 100 g produkt, protein-indhold | Variation i burgeren med bælgrugter afhængigt af FU. Generelt højt klimaaftryk (CO ₂ e) ved kødburger. |
| (Cortesi m.fl. 2024) | 80 forskellige pizzaer og 44 oste | Kg produkt, energi-, protein-, fiber- og calcium-indhold, ernæringsindeks, portionsstørrelse | Variation i de produkter med høje næringsstovværdier afhængigt af FU. Ingen af de forskellige FU baseret på næringsstofindhold er at foretrække selv inden for en enkelt fødevarerkategori. |
| (Cortesi m.fl. 2023) | 6 forskellige pizzaer: 2 hjemmelavet, 2 industrielle og 2 samlet derhjemme | Kg produkt, stk | Variation mellem pizzaerne afhængigt af de undersøgte FU. |
| (Costello m.fl. 2015) | Oksekød, mælk, svinekød, æg, kalkun, majs, hvede, havre, perlebyg, kartofler, rug, sojabønne, ris | Kg spiseligt produkt, protein-indhold | Klimaaftryk (GHG) varierer afhængigt af FU, især for mælkeprodukter og ris. |
| (Grant og Hicks 2018) | Mælk, mandeldrik og sojadrink | Liter produkt, kg protein-indhold | Mandeldrik får det højeste klimaaftryk (CO ₂ e) med protein som FU, fordi proteinindholdet er meget lavt i mandeldrik. Foreslår at bruge mindst to FU for at indfange kompleksiteten. |
| (Katz-Rosene m.fl. 2023) | 35 hyppigt konsumerede fødevarer | Kg produkt, energi- og protein-indhold, prioriteret mikronæringsstofværdi (PMV) | Produkterne skrifter rangering i klimaaftryk (CO ₂ e) afhængigt af FU. Enkelte produkter placeres meget anderledes med FU= 100 kcal (olier), og per PMV (produkter, der har lavt indhold af de næringsstoffer som indgår i PMV (olier, chokolade) FU baseret på et enkelt næringsstof har begrænset værdi. |
| (Kyttä m.fl. 2023) | Oksekød, grisekød, kyllinger, ørreder, aborrer, kikkerter, sojafars/soja granulat, havre, hestebønne og ærteprotein | 100 g produkt, ernæringsindeks | Der findes ikke et enkelt indeks, som kan bruges som FU til alle formål og klimaaftryk (CO ₂ e). |
| (Masset m.fl. 2015) | Kvæg, andre kødprodukter, fisk, mælkeprodukter, frugt og grøntsager, fedtstoffer, saltede snacks og søde sager, stivelsesholdige fødevarer | 100 g produkt, energi-indhold, ernæringskvalitet score, økonomisk værdi | FU har betydning for relativt klimaaftryk (CO ₂ e). |

| | | | |
|--------------------------|---|--|---|
| (McAuliffe m.fl. 2018) | Oksekød, lam, kylling og svinekød | Kg produkt, g omega-3, g EPA/DHA | Stor variation i klimaaftryk (CO ₂ e) fra kg produkt til ernæringsværdi som FU. |
| (O m.fl. 2023) | Kage, brød og kiks | Kg produkt, tørstofindhold, økonomisk værdi | Alle tre FU kan anvendes til benchmarking ved mærkning af klimaaftryk (CO ₂ e). |
| (O m.fl. 2024) | Kage, brød og kiks | Kg produkt, energiindhold, økonomisk værdi, ernæringskvalitet, tørstofindhold | Store variationer med forskellige næringsstoffer som FU derfor ikke egnet som FU ved mærkning, illustrerer i højere grad forskelle i næringsindhold. Konkluderer at per tørstofindhold er den foretrukne FU, fordi den eliminerer betydningen af forskelligt vandindhold i produkterne. Forholder sig kun til de undersøgte produkter - ikke produkter med forskelle i naturligt vandindhold. (CO ₂ e) |
| (Notarnicola m.fl. 2017) | 21 forskellige traditionelle brødtyper | Kg produkt, energiindhold, økonomisk værdi | Variationer i klimaaftryk (CO ₂ e) afhængig af ingredienser, energi til bageprocessen, varierer derfor også afhængig af FU. |
| (Rufi-Salís m.fl. 2020) | Tomater, salat, spinat, bønner, mangold og rucola | Kg spiseligt produkt, energiindhold, økonomisk værdi | Variationer i klimaaftryk (CO ₂ e) afhængigt af FU. Illustrerer betydningen af forskellige produktionssystemer. Af de undersøgte produkter får spinat og rucola de højeste CO ₂ -aftryk baseret på alle FU. |
| (Saget m.fl. 2020) | Hvedemel, kikærter, tørret pasta og tilberedt pasta | Portionsstørrelse, næringsstofæthed | Variationer i klimaaftryk (CO ₂ e) afhængigt af FU. Peger på at brug af flere FU kan bidrage til viden, der kan sikre næringsstofindholdet, når der arbejdes på at sænke klimaaftrykket ved en produktion. |
| (Sonesson m.fl. 2019) | Hvedebrød, æbler, tomater, mælk, hård ost, spreads og kyllingefileter | Kg produkt, ernæringskvalitet i relation til kosten | Variation i klimaaftryk (CO ₂ e) afhængigt af FU. Brug af ernæringsindeks som FU kan give indblik i, hvordan klimaaftryk og næringsindhold i produkter er relateret. CO ₂ , relateret til ernæringskvalitet i relation til kosten kan blive et værktøj til at designe mere bæredygtige kostformer. |
| (Sonesson m.fl. 2017) | Hvedebrød, kyllingefilet, hakket svinekød, mælk og ærtesuppe | Kg produkt, indhold af protein og fordøjeligt protein, protein kvalitetsindeks | Variation i klimaaftryk (CO ₂ e) afhængigt af FU. Ernæringskvalitet FU kræver mere data om produktet. |
| (Saarinen m.fl. 2017) | 29 forskellige fødevarer | Protein-, fedt-, calcium-, jern-, folat-, B2-, B12-, selen-, | Variation i klimaaftryk (CO ₂ e), når FU baseres på næringsstæthed, enten relateret til enkelte næringsstoffer eller |

| | | | |
|-----------------------|--|---|---|
| | | zink- og natrium-indhold, forskellige ernæringscore | kombination af næringsstoffer (ernæringsindeks). Kan være nyttigt i situationer med begrænset tilgang til specifikke næringsstoffer. |
| (Teixeira m.fl. 2013) | Forskellige typer af paté | 100 g produkt, protein- og energi-indhold | Variationer i klimaaftryk (CO ₂ e) for opskrifter afhængigt af FU. |
| (Tyszler m.fl. 2014) | Jordbær, appelsin, æble, kiwi, torsk kogt, kyllingefilet, oksekød, laks og vegetarisk burger | 100 g produkt, portionsstørrelse, relateret til bidrag med udvalgte næringsstoffer i en kost over en uge | Viser hvordan fødevarer kan substitueres i en ugekost under hensyn til næringsværdi og klimaaftryk (CO ₂ e). |
| (Xu og Lan 2016) | 22 plantebaserede produkter og 6 animalske produkter | Kg produkt, tørstof og energi-indhold | Klimaaftryk (CO ₂ e) højest for de animalske produkter – ses også når klimaaftryk opgøres per tørstofindhold eller energi-indhold (MJ). |
| (Xu m.fl. 2018) | Ris, hvede, majs, kartofler og bælgfrugter | Kg produkt, kulhydrat-, protein- og energi-indhold, ernæringscore. | Klimaaftryk (CO ₂ e) varierer afhængigt af FU. Ris-baserede produkter (og boghvede) ligger højest ved alle FU. (Kartofler får relativt højere klimaaftryk når FU er energi- kulhydrat- eller proteinindhold i forhold til per kg produkt). |
| (Xu m.fl. 2020) | Brune ris, polerede ris, kogte kartofler og kartoffelmos (fra pulver) | Kg produkt, protein-, energi-, fiber-, kulhydrat-indhold, ernæringskvalitet, næringsstæthed, indhold spiselig portion | Variation i klimaaftrykket (CO ₂ e) afhængigt af enkelte næringsstoffer som FU, afspejler forskelle i næringsstofindhold. Høje klimaaftryk for ris og kartoffelmos, når næringsstætheden er brugt som FU. |
| (Zhang m.fl. 2023) | Grøntsager, frugter, korn, bælgfrugter, nødder, mælk og mælkeprodukter, æg, fisk, kylling, svin, rejer, lam og oksekød | Kg produkt og ny fødevarerækvivalent | Variation i klimaaftryk (CO ₂ e) afhængigt af FU. Den nye FU er værdifuld ved evaluering af fødevarerproduktion. Videreudvikling af FU er nødvendig. |

Det fremgår af Tabel 1, at de i litteraturen undersøgte FU er hhv. masse (kg eller 100g produkt), tørstofindhold, eller energi- eller proteinindhold. Endelig er der ofte set på forskellige indeks eller score for samlet næringsstofindhold. Vægtenheden er desuden opgjort som solgt i butikken, som spiselig del og/eller som tilberedt mængde. Det er derfor disse FU, som vil blive belyst i de følgende afsnit i rapporten.

Til at belyse virkningen på klimaaftrykket af at bruge forskellig FU ud fra danske data er der udvalgt 39 fødevarer og drikkevarer, som repræsenterer hhv. forskellige tørstof-, protein- og energiindhold og forskelle ved at bruge spiselig del og hhv. tilberedt og ikke tilberedt vægt, men derudover er produkterne tilfældigt udvalgt, se Tabel 2. Indholdet af protein, energi og tørstof samt klimaaftrykket for de udvalgte produkter fremgår af Bilag A.

Tabel 2. Udvalgte produkter, som repræsenterer forskellige tørstof-, protein- og energi- indhold og FU som spiselig vægt og tilberedt /ikke tilberedt vægt. Proteinindhold: Intet -, proteinindhold men ikke proteinkilde **, proteinkilde ***. Energiindhold og tørstofindhold: Lavt *, mellem **, højt ***. ingen data -, Enhed (stk) defineres f.eks. som en pose chips, en dåsesodavand, en pizza.

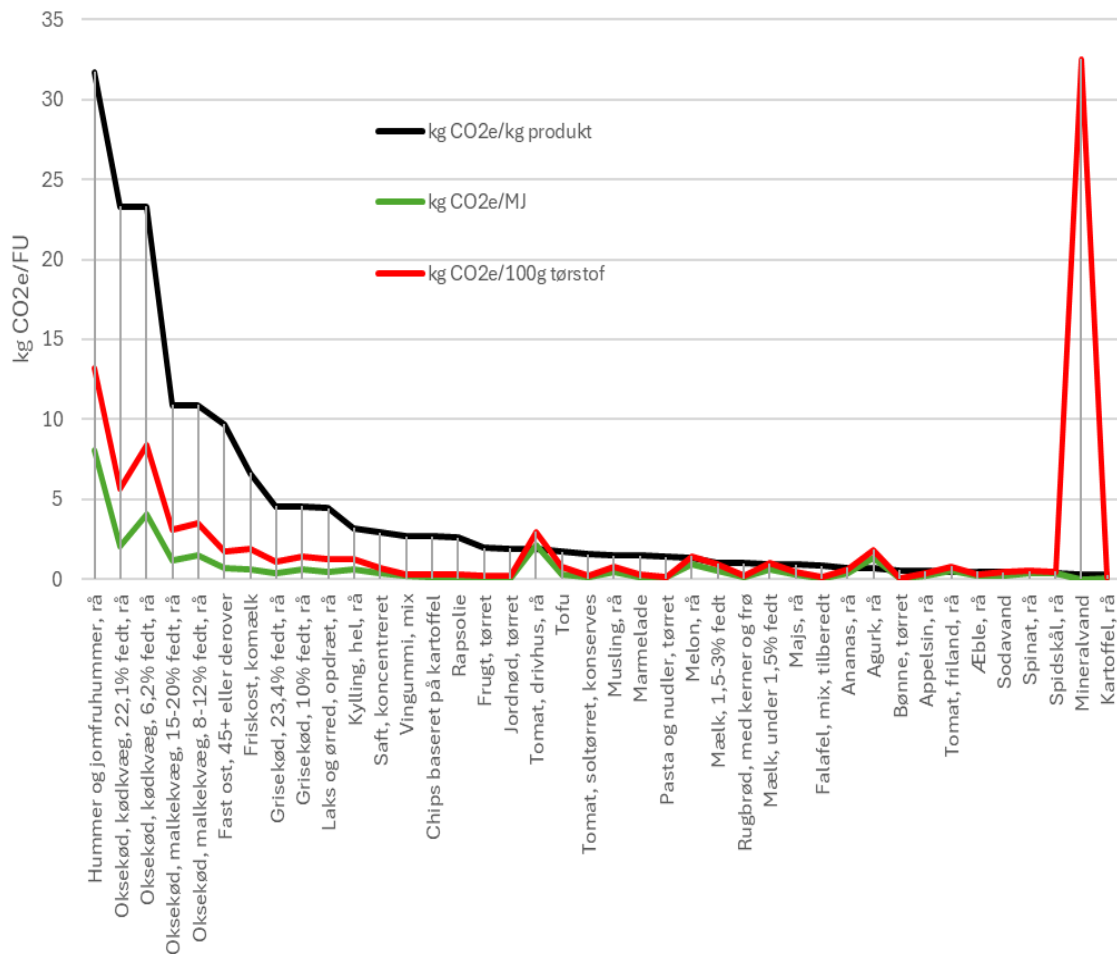
| Produkter (generiske) | Proteinindhold | Energiindhold | Tørstofindhold | Spiselig vægt | Tilberedt vægt | Enhed (stk) |
|-------------------------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------------|
| Agurk, rå | ** | * | * | | | |
| Ananas, rå | ** | * | * | X | | |
| Appelsin, rå | ** | * | * | X | | |
| Bønne, tørret | *** | *** | *** | | X | |
| Chips baseret på kartoffel | ** | *** | *** | | | X |
| Fast ost, 45+ eller derover | *** | *** | ** | | | |
| Friskost, komælk | *** | ** | ** | | | |
| Frugt, tørret | ** | *** | *** | | | |
| Grisekød, 10% fedt, rå | *** | ** | ** | | X | |
| Grisekød, 23,4% fedt, rå | *** | *** | ** | | | |
| Hummer, jomfruhummer, rå | ** | * | * | X | | |
| Jordnød, tørret | ** | *** | *** | X | | |
| Kartoffel, rå | ** | * | * | X | | |
| Kylling, hel, rå | *** | ** | ** | X | X | |
| Laks og ørred, opdræt, rå | *** | ** | ** | X | | |
| Majs, rå | * | ** | ** | | | |
| Marmelade | * | ** | ** | | | |
| Melon, rå | ** | * | * | X | | |
| Mineralvand | 0 | 0 | * | | | |
| Musling, rå | *** | * | * | X | | |
| Mælk, under 1,5% fedt | *** | * | * | | | |
| Mælk, 1,5-3% fedt | *** | * | * | | | |
| Oksekød, kødkvæg, 22% fedt, rå | *** | *** | ** | | X | |
| Oksekød, kødkvæg, 6,2% fedt, rå | *** | ** | ** | | X | |
| Oksekød, malkekvæg, 15-20% fedt, rå | *** | ** | ** | | | |
| Oksekød, malkekvæg, 8-12% fedt, rå | *** | ** | ** | | | |
| Pasta og nudler, tørret | * | *** | *** | | | |
| Rapsolie | 0 | *** | *** | | | |
| Rugbrød, med kerner og frø | * | ** | *** | | | |
| Saft, koncentreret | * | ** | *** | | | |
| Sodavand | 0 | * | * | | | |
| Spidskål, rå | ** | * | * | X | | |
| Spinat, rå | ** | * | * | X | | |
| Tofu | *** | ** | * | | | |
| Tomat, drivhus, rå | ** | * | * | X | | |
| Tomat, friland, rå | ** | * | * | X | | |
| Tomat, soltørret, konserver | * | *** | *** | | | |
| Vingummi, mix | ** | *** | *** | | | X |
| Æble, rå | ** | * | * | X | | |

4.2.1 Kg produkt i forhold til per kg tørstof eller energiindhold

Der er betydelige variationer i mængden af vand, der enten er tilsat eller naturligt forekommende i en fødevarer eller drikkevarer (DTU Fødevarerinstitutionen 2024). Vand har et lavt klimaaftryk. Derfor vil et produkt, der er tilsat vand have et lavere tørstofindhold og alt andet lige et lavere klimaaftryk per kg produkt eller per 100 g produkt end samme type produkt, hvor der ikke er tilsat vand eller er tilsat en mindre mængde vand. Hvis klimaaftrykket beregnes per 100g (eller kg) tørstof, vil disse forskelle alt andet lige udlignes uanset mængden af tilsat vand. Andre produkter optager vand (tørre bønner) eller taber vand (kød og fisk) ved tilberedning. For produkter, hvor der kan tilsættes eller optages/tabes mere eller mindre vand, kan det være relevant at præsentere klimaaftrykket i forhold til tørstofindhold i et produkt (f.eks. pr 100g tørstof) (O m.fl. 2023). På den måde vil fortyndingseffekten, som giver et lavere klimaaftryk, men også f.eks. færre næringsstoffer og energi per kg eller liter af produktet, kunne elimineres.

Enkelte studier har vist, at produkter til en vis grad ranglistes i forskellig rækkefølge, når klimaaftryk opgøres per tørstofindhold sammenlignet med per kg af produktet (O m.fl. 2024; Xu og Lan 2016). Animalske produkter lå højere end vegetabiliske (som når FU er kg produkt), men der var produkter som skiftede plads på ranglisten f.eks. blomkål, som lå højere, planteolier, der lå lavere og mælk, som kom til at ligge højere end æg, når FU blev ændret fra kg produkt til kg tørstof (Xu og Lan 2016). I studiet af O m.fl. som inkluderede 20 korn-baserede produkter, herunder brød kage og kiks, beskrives en stærk korrelation mellem de to FU (en signifikant korrelationskoefficient på 0,94) og kun enkelte produkter skifter plads, når de ranglistes (O m.fl. 2023, 2024)

Egne estimater på udvalgte produkter viste tilsvarende resultater (O m.fl. 2024; Xu og Lan 2016) og (Figur 2 og 3). Af Figur 2 fremgår, at der er en større forskel mellem animalske og vegetabiliske produkter, når klimaaftrykket opgøres per kg produkt (sort kurve) end når de opgøres per 100g tørstof (rød kurve). Desuden ses højere værdier (røde toppe på kurven) for produkter med højt vandindhold (og lavere tørstofindhold) mens der ikke er tilsvarende forskelle, når FU er kg produkt.

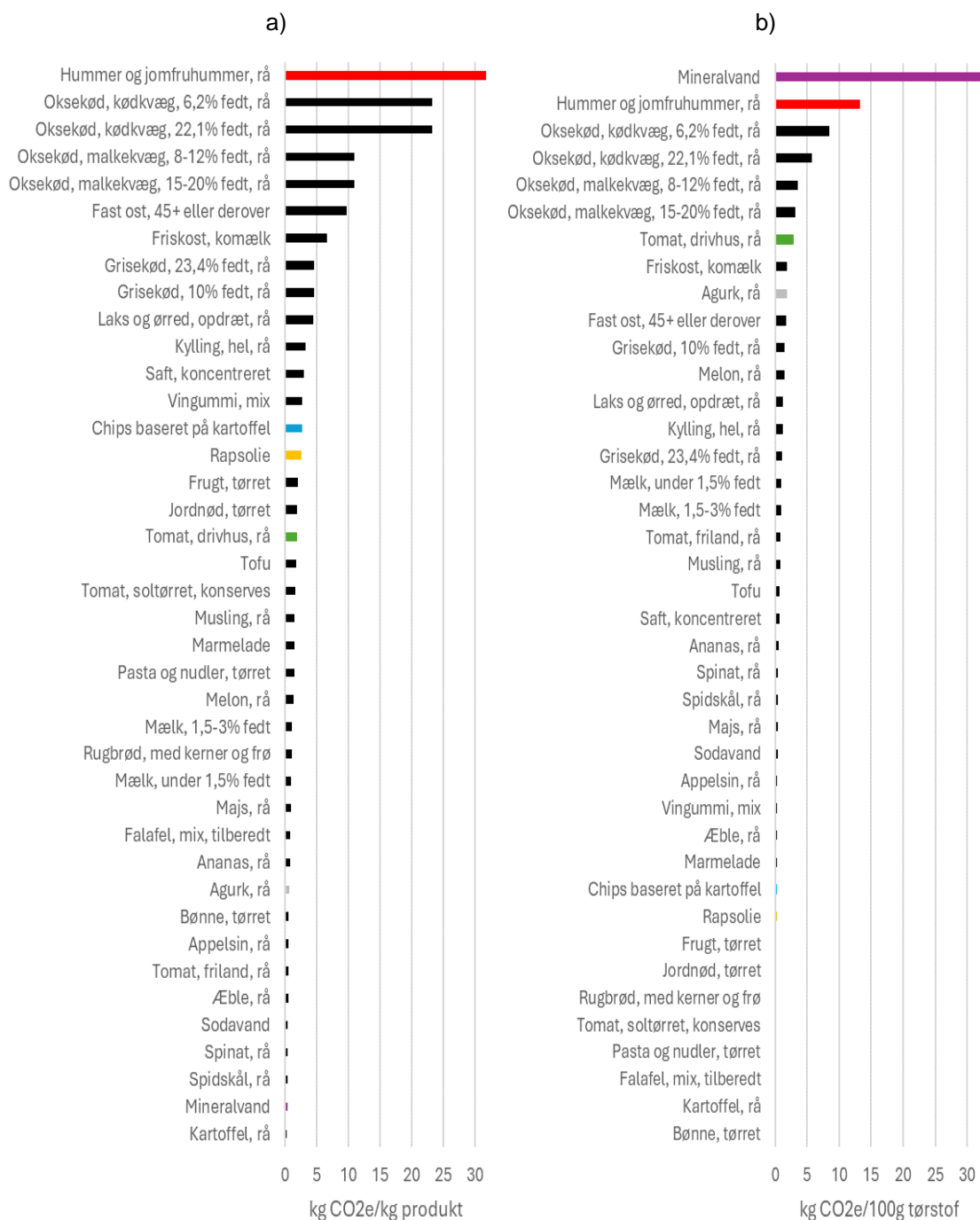


Figur 2. Kg CO₂e per kg produkt sammenlignet med kg CO₂e per 100g tørstof og per MJ for udvalgte fødevarer og drikkevarer.

Opgjort per 100 g tørstof bliver klimaaftrykket fra oksekød således relativt lavere, når fedt% er højere, fordi tørstofindholdet er højere i federe kød. Drivhustomat og melon får aftryk som hhv. oksekød (med højt fedtindhold) og grisekød med 10% fedt, fordi der er et lavt tørstofindhold i tomater og meloner. Dette ses helt ekstremt for mineralvand, som har et meget lavt tørstofindhold, under 0,1 g per 100 g (fra mineralerne), og derfor har et højt aftryk per 100 g tørstof. Klimaaftryk fra rapsolie bliver derimod relativt lavere, fordi olier består af 100% fedt og dermed har et relativt højere tørstofindhold.

For produkter, der i udgangspunktet er samme produkt med forskelligt vandindhold, som soltørrede tomater og rå tomater, samt bønner fra konserveres (tilberedt og derfor optaget vand) og tørret bønner, nærmer klimaaftrykket per 100 g tørstof hinanden. Det ses også, at produkter som saft, koncentreret og tørret frugt får et lavere klimaaftryk, når FU er tørstofindhold – dvs. på niveau som hhv. sodavand og frisk frugt, som f.eks. æble eller ananas.

I Figur 3 er resultaterne for de samme produkter vist på en anden måde. Her fremgår pladsskifte af produkterne, når de ranglistes med de to FU, hhv. per kg produkt og per 100 g tørstof.



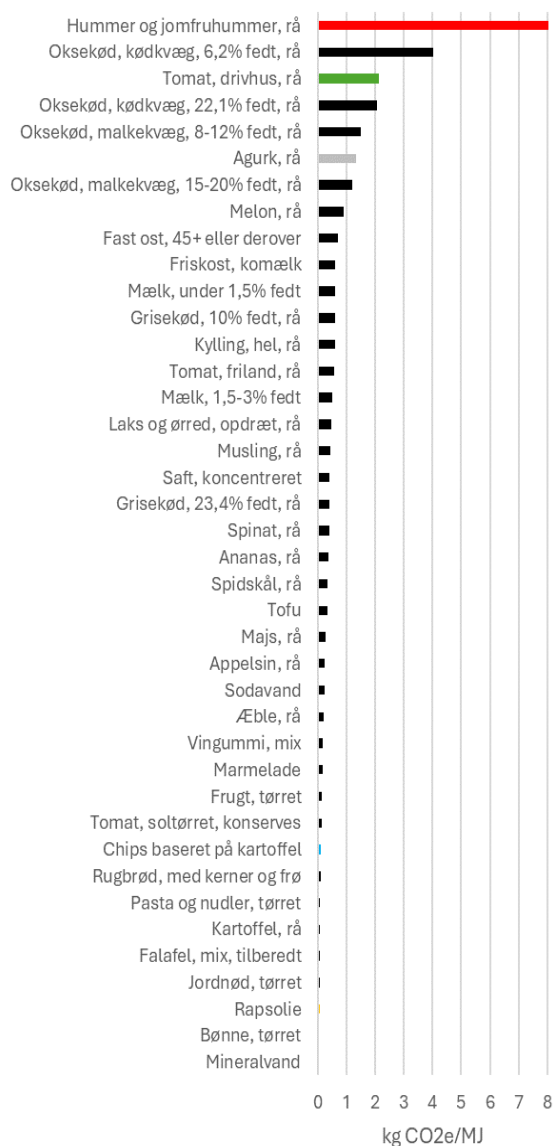
Figur 3 a, b. Kg CO₂e per kg produkt (a) sammenlignet med kg CO₂e per 100 g tørstof (b) for de udvalgte fødevarer og drikkevarer.

Af Figur 3 a, b ses hvordan mineralvand (lilla) skifter fra at ligge lavest, når FU er kg produkt, og højest, når FU er 100 g tørstof. Drivhusmat (lys grøn) rykker op fra at ligge midt på ranglisten til at ligge nr. 7 fra oven, og agurk (grå) rykker fra at ligge blandt de produkter med lavest aftryk til at rykke op som nr. 9 fra oven, fordi tomater og agurker har et lavere tørstofindhold. Chips baseret på kartoffel (lys blå) rykker ned på listen og nærmer sig rå kartofler men ikke helt fordi der

i chips også CO₂e-bidrag fra olier og forarbejdningen, og rapsolie (gul) rykker også langt ned. Begge produkter har et højt tørstofindhold.

For produkter med et naturligt vandindhold, hvad enten det er højt eller lavt, giver det derfor ikke en forbedring at bruge tørstof som FU, når klimaaftrykket skal opgøres og sammenlignes mellem produkter. Det hænger bl.a. sammen med, at tørstofindholdet ikke afspejler funktionen af disse produkter, idet det f.eks. for de vandholdige produkter kan ses som en funktion at bidrage med vandindhold i kosten. Tørstofindhold er således ikke en FU, som kan bruges til sammenligning mellem alle produkter. I nogle tilfælde kan forskelle i klimaaftryk hovedsageligt skyldes fortynding/fjernelse af vand, hvorfor det kan overvejes at supplere med oplysning om vandindhold for produkter, som kan være fortyndet med vand uden, at det fremgår klart for forbrugerne.

c)



Figur 3 c. Kg CO₂e per MJ for de udvalgte fødevarer og drikkevarer.

Af Figur 3c og 2 ses desuden, at ved brug af energiindhold (MJ) som FU opnås næsten samme effekt på ranglisten som tørstof, om end der er forskelle. De to kurver i Figur 2, hvor FU er hhv. tørstof og energiindhold, følges stort set ad, hvilket blot afspejler, at det primært er de energigivende næringsstoffer, som bidrager mest til tørstofindholdet i fødevarer. Kurverne viser også, at for mange fødevarer bliver klimaaftrykket relativt i forhold til hinanden ikke ændret uanset, om FU er vægten af produktet, tørstof- eller energiindhold. Flere studier, der sammenligner udvalgte produkter, har vist samme effekt, f.eks. for chokoladeprodukter (Bianchi m.fl. 2021), grøntsager (Rufi-Salis m.fl. 2020), pizza og oste (Cortesi m.fl. 2024). For brødprodukter skiller enkelte typer sig ud, fordi både klimaaftryk og energiindhold per vægtenhed er øget f.eks. pga. tilsætning af fedtstoffer, mens klimaaftryk per energiindhold derfor er relativt lavere (Notarnicola m.fl. 2017).

Ved at sammenligne Figur a, b og c ses, at det giver visse forskelle at bruge energi og tørstof som FU. Således rykker tomat og agurk, som har lavere energiindhold, relativt højere op i klimaaftryk, når FU er energi f.eks. per MJ. Omvendt vil produkter med et højt energiindhold, f.eks. energi-rige produkter med et højt fedt og/eller sukkerindhold, opnå et lavere aftryk. Mineralvand indeholder ikke energigivende næringsstoffer, og derfor kan klimaaftrykket for mineralvand ikke angives, hvis energiindhold anvendes som FU. Energiindhold kan således ikke fungere som FU for alle fødevarer.

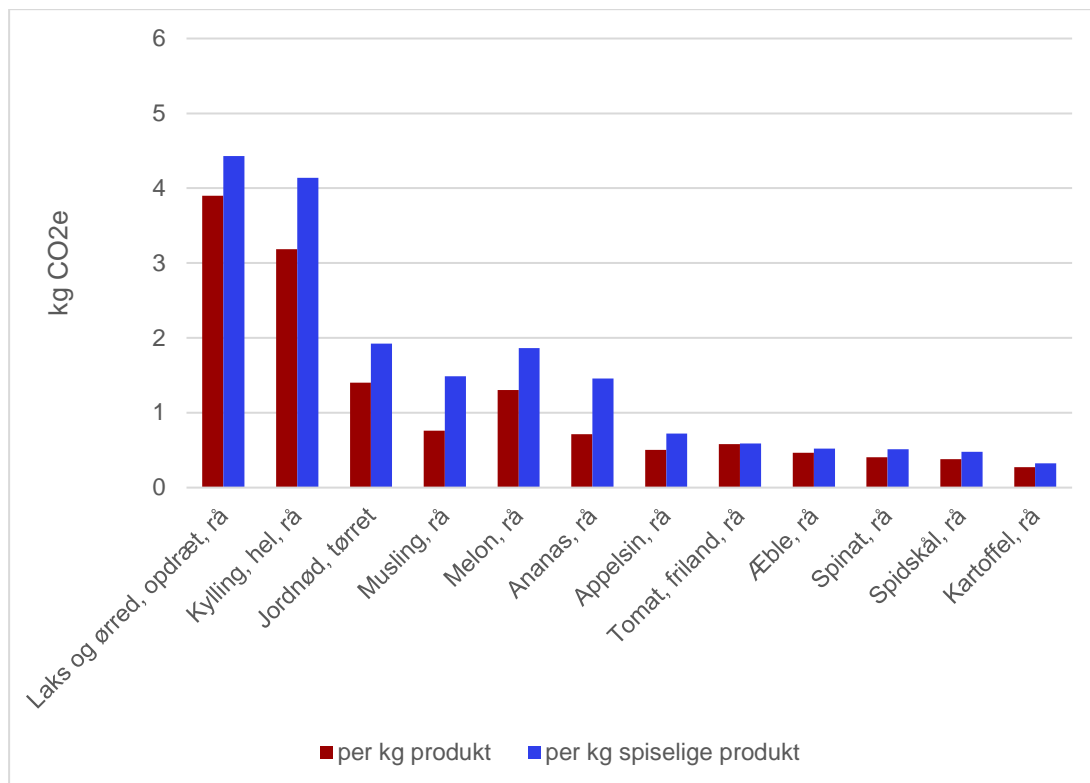
4.2.2 Spiselig del og tilberedt versus ikke-tilberedt

Hvis klimaaftrykket opgøres per kg produkt, bør det overvejes, om klimaaftrykket opgøres per kg spiselige del af produktet eller per kg produkt, som det sælges i butikken. Den spiselige del, er den del, som bliver konsumeret. Det vil sige, at f.eks. kernehus, ben fra fisk og kød eller skræl ikke indgår i vægten af den spiselige del. Klimaaftrykket kan være beregnet per kg af produktet inklusiv de ikke-spiselige dele, f.eks. inklusive ben i en hel kylling. Når klimaaftrykket beregnes per kg spiselig del, vil aftrykket være større end per kg af hele produktet, fordi klimaaftrykket tildeles en mindre mængde. Lignende gør sig gældende for det tilberedte produkt, hvor der ved tilberedning sker et svind af f.eks. vand fra kød eller fisk, mens det er omvendt for f.eks. ris og tørrede bønner, der optager vand ved tilberedning og dermed kommer til at veje mere, hvorved klimaaftrykket lavere per kg tilberedt produkt.

Spiselig del

Et argument for at bruge opgørelse af klimaaftryk per kg spiselig del af fødevaren er først og fremmest, at den spiselige del er direkte relateret til den primære funktion af fødevaren – den skal spises. Der kan desuden ses store forskelle i klimaaftrykket, afhængig af om det opgøres per kg produkt, som det forhandles i butikken, eller om det opgøres per kg spiselig del, se Figur 4. I Figur 4 ses klimaaftrykket opgjørt per kg spiselig del eller per kg med ben eller skal eller skræl for udvalgte produkter og f.eks. kan ben i en hel kylling udgøre 30% og den spiselige del 70%. Forskellene kan være så store, at det kan forskyde det relative forhold mellem klimaaftrykket for produkterne. Især hvis nogle produkter er opgjørt per kg spiselig del og andre per kg produkt. Det gælder f.eks. kyllingefilet og hel kylling. For andre produkter som f.eks. tomater og æbler er det af mindre betydning. For nogle produkter kan det derfor være en fordel at basere klimamærkningen på opgørelser, der har anvendt kg spiselige del som FU eller evt. supplere med oplysning om klimaaftryk per kg spiselig del og på den måde begrænse risikoen for fejlforklaringer.

Det skal nævnes, at vægten af emballage og vægten af en luge ikke medregnes i vægten af produktet, når klimaaftrykket beregnes per kg produkt, selvom klimaaftrykket fra emballagen og lagen indgår i estimeringen af klimaaftrykket.



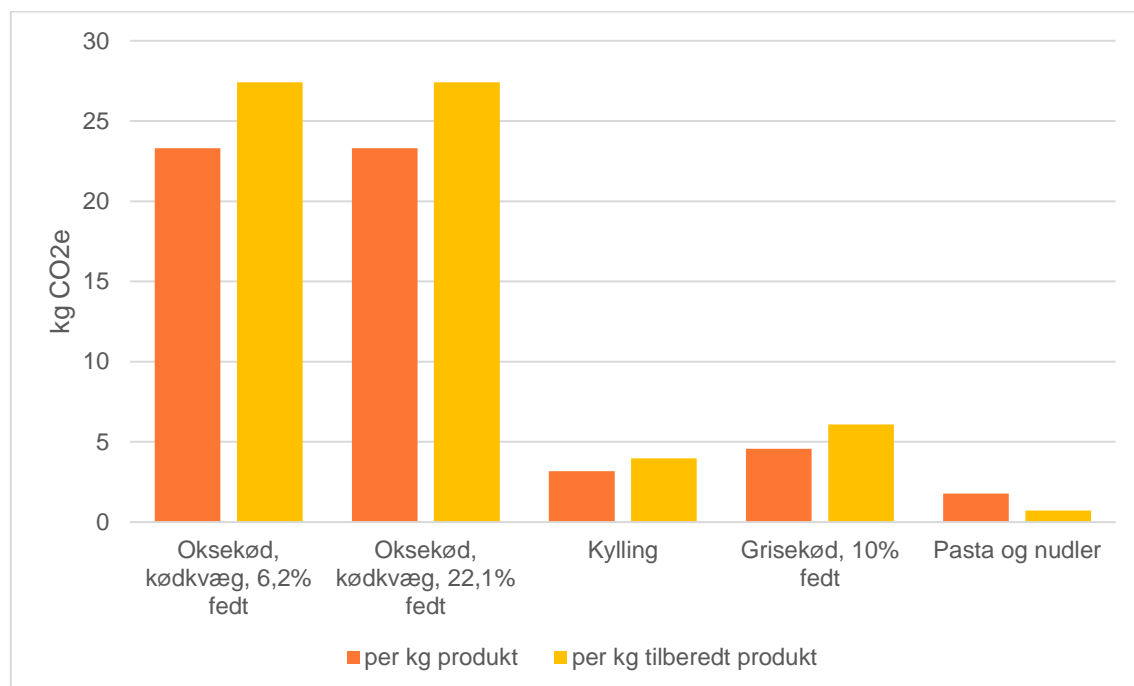
Figur 4. Forskelle i klimaaftryk per kg produkt og per kg spiselig del for udvalgte fødevarer.

Per kg tilberedte del.

Det er desuden relevant at overveje, om klimaaftrykket bør opgøres per kg tilberedt produkt for produkter, som ikke indtages i rå form, f.eks. tørrede bønner og kikærter, samt pasta og ris. Når produkterne optager vand ved tilberedning, vil det tilberedte produkt alt andet lige have et lavere aftryk per kg end det rå (tørrede) produkt per kg, f.eks. skal der typisk kun indgå 40 g tørret bælgfrugter til at opnå 100 g tilberedt produkt. Omvendt vil tilberedt kød og fisk have et vandtab på 20-30% ved tilberedning og derfor alt andet lige have et højere aftryk per kg tilberedt produkt.

I Figur 5 illustreres forholdet mellem klimaaftryk fra kg produkt i rå og tilberedt form for forskellige produkter. Nogle kødprodukter sælges i rå form og andre i tilberedt form, hvor klimaaftrykket for det tilberedte produkt (per kg) er højere end det tilsvarende produkt i rå form. Klimamæssigt fremstår det derfor som en fordel at købe det rå produkt fremfor det tilberedte, hvilket kan være rigtigt, hvis man køber samme mængde, men man får alt andet lige mere kød (omregnet til rå vægt), når man køber det tilberedte. Det ses også, at det relativt ikke har betydning for de forskellige typer kødprodukter indbyrdes, hvis alle kødprodukter angives per kg tilberedt produkt, men der er større forskel på de tilberedte kødprodukters aftryk i forhold til den tilberedte pasta. Der er dog forskelle på tilberedningsmetoder, og de forskellige tilberedningsmetoder har

forskellige betydninger for vandsvind, ligesom svind i fedtindholdet også kan variere. F.eks. kan man ved tilsætning af salt binde mere vand i det tilberedte kødprodukt.



Figur 5. Forskelle i klimaaftryk per kg produkt og per kg tilberedt produkt for udvalgte fødevarer. Kødprodukterne er i rå form og pasta er i tørret/rå form.

4.2.3 Portionsstørrelser og enhed

Når den funktionelle enhed er vægt, f.eks. per kg eller 100 g af et produkt, tager sammenligninger af klimaaftryk ikke højde for, at man typisk spiser de forskellige produkter i forskellige mængder i et måltid. Det er således oplagt at overveje portionsstørrelse som FU. Fra kostundersøgelser er det dog velkendt, at portionsstørrelser ikke er ens for alle og i forbindelse med forskellige måltider. Portionsstørrelser varierer fra person til person, f.eks. om man er barn eller voksen, og hvilke præferencer man har. Det afhænger også af hvilket måltid, produktet indgår i. Derfor vil en opgørelse af klimaaftryk per portion ikke være entydig, og selvom det er muligt at definere typiske portionsstørrelser, vil det ikke for alle være retvisende og ikke bidrage til mindre risiko for fejlforklaringer.

Produkter, som sælges i portioner eller styks, som f.eks. færdigretter, chokoladebarer, slikposer eller sodavand eller øl i flasker eller dåser, kan alle udgøre forskellige portionsstørrelser. Pizza er et eksempel (Cortesi m.fl. 2023, 2024). I næringsdeklarationen kan det ud over indhold per 100 g også tilføjes indhold per portion med en anden portionsstørrelse, som også angives. Det kan overvejes at supplere med oplysning om klimaaftrykket per portion eller stk.

4.2.4 Næringsstofindhold som FU

En vigtig funktion for fødevarer og drikkevarer er at tilføre essentielle næringsstoffer og vand, som er nødvendige at tilføre kroppen, så den kan fungere, samt for velvære og sundhed. Derfor har mange studier de seneste 10-15 år beskæftiget sig med, hvordan man kan relatere klimaaftrykket til den ernæringsmæssige kvalitet af fødevarer og drikkevarer og inddrage den ernæringsmæssige kvalitet i LCA-studier, hvor miljømæssig effekt af fødevarer i fødevarer-systemet

estimeres (McLauren m.fl. 2021). Det kan gøres på forskellige måder, og metoden bør tilpasses det konkrete formål. Flere internationale organisationer peger på vigtigheden af at tage højde for både de miljømæssige og ernærings- og sundhedsmæssige aspekter, når fødevarer og fødevarerestemer vurderes med henblik på en mere bæredygtig udvikling (Blomhoff m.fl. 2023; European Commission 2020; FAO og WHO 2019; McLauren m.fl. 2021).

Et stort studie, der har indsamlet klimaaftryk og andre miljømæssige aftryk fra 570 studier af fødevarer, og data stammer fra omkring 38700 landbrug fra 119 lande (Poore og Nemecek 2018). Klimaaftrykket præsenteres i artiklen efter gruppering af fødevarer med FU valgt efter fødevarernes primære ernæringsmæssige fordel. Således er klimaaftrykket for proteinrige fødevarer som forskellige typer kød, æg, tofu, bælgfrugter og nødder vist per 100 g protein. Kulhydratrige fødevarer er vist per energiindhold (1000 kcal). Mælk, sojadrik og olier er vist per liter, frugt, grønt og sukker er vist per kg, mens øl er vist per stk. og chokolade og kaffe per portion (servicing). Studiet viser, at selvom klimaaftrykket opgøres per 100 g protein, ligger kød og især okse- og lammekød højest, som det gør, når FU er vægt (kg eller 100 g produkt).

Andre studier har brugt proteinindhold som FU og vist, at det kan ændre klimaaftrykket relativt mellem produkter (Casson m.fl. 2019; Cortesi m.fl. 2024; Costello m.fl. 2015; Grant og Hicks 2018; Katz-Rosene m.fl. 2023; O m.fl. 2024; Teixeira m.fl. 2013; Xu m.fl. 2018, 2020; Xu og Lan 2016). Sonesson m.fl. (2017) og McAuliffe et al. (2022) har desuden inddraget proteinkvaliteten, hvilket dog stiller krav til data over aminosyresammensætningen, som ikke altid er tilgængelig. Proteinindhold som FU giver relevante sammenligninger inden for de proteinholdige produkter, især hvis fokus for studiet er klimaaftryk i forhold til proteintilførsel, men som eneste FU er proteinindhold ikke egnet som FU for alle produktgrupper, hvilket hænger sammen med, at en lang række fødevarer ikke har som væsentlig funktion at bidrage med protein i kosten (for nogle er proteinindholdet meget lavt eller 0) ligesom de proteinrige fødevarer også i forskellig grad bidrager med forskellige andre næringsstoffer, vitaminer og mineraler som jern, zink, selen og f.eks. B1 og B12 vitamin. Nogle bidrager desuden med mættet fedt og andre med kostfiber. Ligeledes bidrager de øvrige produktgrupper med forskellige næringsstoffer i forskellige mængder, hvilket de valgte FU i Poore & Nemecek (2018) ikke indfanger.

Studier viser, at plantebaserede fødevarer er mere miljø- og klimavenlige sammenholdt med animalske i forhold til deres bidrag med protein og energi i kosten (Saarinen m.fl. 2017), men det skal tilføjes, at det er afgørende hvilke plantebaserede fødevarer, der er tale om.

Tilsvarende viser studier, at andre næringsstoffer enkeltvis som FU kan illustrere sammenhængen mellem klimaaftryk og fødevarers bidrag med de forskellige næringsstoffer, men der er ikke et næringsstofindhold, der kan bruges som FU for alle fødevarergrupper og indfange den komplekse sammenhæng med den ernærings- og sundhedsmæssige funktion af fødevarer (Cortesi m.fl. 2024; McAuliffe m.fl. 2018; O m.fl. 2024; Sonesson m.fl. 2019; Saarinen m.fl. 2017).

Ernæringskvalitetsindeks som FU

I de nordiske næringsstofanbefalinger 2023 (NNR2023) (Blomhoff m.fl. 2023) er evidensen for sammenhængen mellem indtaget af 15 fødevarergrupper og risiko for kroniske velfærdssygdomme samlet. NNR2023 giver desuden anbefalinger for indtaget af de energigivende næringsstoffer fedt, protein og kulhydrat, samt kostfiber og undergrupper heraf, som f.eks. mættede og polyumættede fedtstoffer, samt tilsat og fri sukker. Desuden er der anbefalinger for indtaget af en

række vitaminer og mineraler (Blomhoff m.fl. 2023). Det er derfor en kompleks opgave, hvis man samtidig skal inddrage flere eller alle de humane behov for næringsstoffer fra kosten i en enkelt FU.

Næringsstofindeks, der afspejler indholdet af flere næringsstoffer i en fødevarer, et måltid eller en kostform samtidigt, er i litteraturen beregnet på forskellig måde, f.eks. NRF Indeks (Nutrient Rich Food Index) (Drewnowski og Fulgoni 2014; Fulgoni m.fl. 2009). Princippet i dette indeks er, at indholdet af de enkelte næringsstoffer sættes i forhold til et referenceindtag for hvert enkelt næringsstof, og disse relative værdier summeres. Grundlæggende beregnes indeks typisk efter følgende formel;

$$\text{NRF X.Y} = \sum_{i=X} \frac{\text{Nutrient } i}{\text{DRI } i} \times 100 - \sum_{i=Y} \frac{\text{Nutrient } i}{\text{MRI } i} \times 100$$

Hvor x repræsenterer de kvalificerende næringsstoffer, som vi skal have en vis mængde af, mens y repræsenterer de diskvalificerende næringsstoffer, som bør begrænses i vores kost. Betegnelsen for denne type indeks kan være næringsstofindeks, næringsstofdensitetsindeks, ernæringskvalitetsindeks eller ernæringskvalitetsscore.

Resultatet kan variere alt efter hvilke og hvor mange næringsstoffer, der indgår, og hvorvidt der divideres med antallet af næringsstoffer, så der opnås en gennemsnitsværdi. Saarinen m.fl. (2017) opsummerer ud fra litteraturen og egne beregninger, at der ikke er lineær association mellem klimaaftryk og det beregnede næringsstofindeks (begge beregnet per 100 g), idet korrelationen mellem de to er lav, og at det derfor er relevant og vigtigt at inkludere et udtryk for den ernæringsmæssige værdi, fordi kosten både bør have lavt klimaaftryk og høj ernæringsmæssig kvalitet (Saarinen m.fl. 2017).

Af artiklerne i Tabel 1 har 10 inkluderet et eller flere ernæringskvalitetsindeks (Cortesi m.fl. 2024; Katz-Rosene m.fl. 2023; Kyttä m.fl. 2023; Masset m.fl. 2015; O m.fl. 2024; Sonesson m.fl. 2019; Saarinen m.fl. 2017; Xu m.fl. 2018, 2020). Derudover har Tyszler m.fl. (2014) og Zhang m.fl. (2023) udviklet specielle enheder, som på forskellig vis afspejler ernæringskvaliteten. I alle tilfælde er der brug for videreudvikling.

Et review fra 2018 viser, at forskellige beregningsmetoder af ernæringskvalitets-score eller indeks giver forskellige værdier, og hvis de bruges som FU, også forskellige klimaaftryk (Hallström m.fl. 2018). Der blev identificeret 24 artikler, som inkluderede 20 forskellige ernæringskvalitets-scoringer. Reviewet giver en oversigt over ernæringskvalitets-scoringer brugt i tilknytning til miljømæssig bæredygtighed af fødevarer, samt hvordan de er kombineret med estimering af miljømæssige aftryk, herunder klimaaftryk. De fandt overordnet to typer ernæringskvalitetsindeks. Den første type er baseret på næringsstofindholdet i forhold til referenceindtag, f.eks. anbefalet indtag, som NRF-indekset, beskrevet ovenfor. Det varierer hvor mange og hvilke næringsstoffer, der indgår, om indholdet er per 100 g eller per energiindhold, og om det er beregnet ved summering eller gennemsnit. Den anden type er baseret på scoringssystemer, hvor der tildeles point alt efter om forskellige kriterier opfyldes, f.eks. saltindholdet som i UK Nutrient Profiling Model (Hallström m.fl. 2018). Ingen af de 24 artikler har set på Nutri-Score som udtryk for den ernæringsmæssige kvalitet af fødevarerne.

Nutri-Score (NS) er oprindelig udviklet af den engelske Food Standards Agency og blev i marts 2017 valgt af den franske regering som det ernæringsprofileringsystem, man skal anvende på fødevarer, der sælges i Frankrig. Siden er NS implementeret i andre europæiske lande. NS er

et pointsystem, der beregnes på grundlag af fødevarens indhold per 100 g af visse ingredienser (fødevarer), energi og næringsstoffer. Scoren (antal point) omsættes til en bogstav- og farvekode (Figur 1), som sættes på fødevaren. Energiindhold og nogle næringsstoffer (sukker, mættede fedtsyrer og natrium) tæller som ikke-favorable point, mens andre fibre og protein, samt indholdet af frugt, grønt, bælgplanter, nødder og visse olier (olivenolie, rapsolie, valnøddeolie) tæller som favorable point (Mejborn og Biltoft-Jensen 2020). Algoritmerne, som indgår i NS, er opdateret i de seneste år (Merz m.fl. 2024; Nutri-Score 2024).

I alt 10 artikler brugte indeks til at undersøge fødevarer, mens andre så på måltider og kostformer (Hallström m.fl. 2018). I de fleste beregninger (13 scores eller indeks) indgik både kvalificerende og diskvalificerende næringsstoffer. Antallet af næringsstoffer (og fødevarer ved vurdering af måltider og kostformer) varierede mellem 2 og 23, men i størstedelen (10 scores eller indeks) indgik mellem 5 og 10. Et review fra 2020 finder frem til lignende pointer (McAuliffe m.fl. 2020).

Hvilke næringsstoffer, der indgår i indeks, kan være styret af viden om indtag og status i den givne befolkning. Et valideringsstudie viste, at forøgelse af antallet af næringsstoffer til mere end 9-10 næringsstoffer kun bidrog i lille grad til forbedret beskrivelse af ernæringskvalitet, hvilket også er vist af Bianchi m.fl. (2020), men fandt fordele ved at inkludere både kvalificerende og diskvalificerende næringsstoffer (Fulgoni m.fl. 2009). Der fremgår også, at størrelsesordenen på de beregnede ernærings-scores varierede alt efter, hvordan de blev beregnet, f.eks. om de blev beregnet per vægt, per energiindhold eller f.eks. portionsstørrelse, om de blev beregnet som summer eller gennemsnitsværdier, samt om og hvordan der blev foretaget en vægtning af de næringsstoffer, som indgår, og desuden om der som referenceindtag bruges gennemsnitsbehov eller anbefalet indtag, som også varierer afhængig af, om de dækker bestemte populationsgrupper (køn og alder), og hvilket land eller region, de dækker. Scoren kan også påvirkes af, om der indgår en "diversity faktor", som kan favorisere fødevarer, der har indhold af flere forskellige næringsstoffer fremfor kun enkelte næringsstoffer, eller fastsættelse af et minimumsindhold for at indgå i beregningerne f.eks. 5 eller 7,5 %, hvilket måske ikke er hensigtsmæssigt da også lave indhold af næringsstoffer samlet set kan bidrage til en sund kost (Hallström m.fl. 2018; Saarinen m.fl. 2017).

Det var mest almindeligt at holde de estimerede miljømæssige aftryk og de estimerede ernæringskvalitets-score adskilt (parallelt) og analysere sammenhænge. Nogle studier kombinerede de to scorere til en score, f.eks. ved at dividere klimaaftrykket med ernæringskvalitetsscoren, med andre ord at bruge ernæringskvalitetsscoren som FU (Hallström m.fl. 2018). Der var således mange forskellige beregningsmetoder, og der er ikke konsensus om et indeks, som den gyldne standard (Hallström m.fl. 2018, McLauren m.fl. 2021). Det er bl.a. en udfordring at lade et ernæringskvalitetsindeks fungere som FU ved angivelse af klimaaftryk, for når både kvalificerende og diskvalificerende næringsstoffer indgår i indeks kan værdien blive negativ for nogle fødevarer, hvilket komplicerer en ranglistning (McLauren m.fl. 2021).

Nyere studier har udviklet fødevarerindeks, som relaterer indholdet af næringsstoffer med indholdet i hele kosten og relateret til anbefalet indtag. Eksempelvis blev NRF 9.3 indekset (som tidligere er vist at være stærkt korreleret med sund kost (Fulgoni m.fl. 2009) udviklet til indeks relateret til kosten og afprøvet ved at relatere til hhv. gennemsnitskosten og en mere usund kost (Sonesson m.fl. 2019). De 9 kvalificerende (positive) næringsstoffer var protein, kostfibre, A-, C-

og E-vitamin, calcium, jern, magnesium, and kalium og de 3 diskvalificerende næringsstoffer var mættet fedt, natrium og tilsat sukker, og de blev relateret til hhv. anbefalet indtag og maksimum anbefalet indtag. Indeks brugt som FU viste, at klimaaftrykket varierende afhængig af hvilken kost, indeks var relateret til. Metoden bør valideres og videreudvikles (Sonesson m.fl. 2019).

Bianchi m.fl. (2020) har defineret et NRF 11.3 indeks, som er vist velegnet i svensk kontekst. De 11 kvalificerende næringsstoffer er protein, kostfiber, A-, C-, E- og D-vitamin, folat, calcium, jern, magnesium og kalium, og de diskvalificerende næringsstoffer er mættet fedt, tilsat sukker og natrium, beregnet per portion eller 100 kcal, og vægtning er tilknyttet. Dette indeks ranglisterede fødevarer bedst (ud af 45 indeks) i overensstemmelse med svenske kostråd. Strid m.fl. (2021) har yderligere undersøgt brugen af dette indeks som FU eller ved analyser af indeks og klimaaftryk parallelt (Strid m.fl. 2021).

Kyttä m.fl. (2023) har ud fra kostundersøgelserdata udviklet et "baseline nutrient index" (protein, calcium, jern, selen, zink, B6 og B12-vitamin, niacin, riboflavin, and thiamin (10 næringsstoffer)), et "scarce nutrients index" (protein, jern, jod, selen, folat og thiamin (6 næringsstoffer)), som er udvalgte næringsstoffer baseret på lavt populationsindtag, og et "dietary shift index", (protein, calcium, zink, B12- og D-vitamin og riboflavin (6 næringsstoffer)), som blev estimeret til at være i risiko for at ligge lavt ved skift til mere bæredygtig kost. Også her er der behov for videreudvikling (Kyttä m.fl. 2023).

Opsummering vedr. ernæringsindeks

Der er således mange måder at beregne ernæringskvalitetsindeks på, og resultaterne afhænger af en lang række valg af, hvordan beregningerne er sat sammen. Når ernæringskvalitetsindeks bruges som FU, har det derfor også indflydelse på sammenligning af klimaaftrykket fra forskellige fødevarer (Hallström m.fl. 2018; McLauren m.fl. 2021; McAuliffe m.fl. 2020; Saarinen m.fl. 2017).

Der er ikke konsensus om, hvordan ernæringskvalitetsindeks bør evalueres, ligesom der ikke er konsensus om hvilke indeks, der bedst afspejler næringsindholdet i en fødevarer. Alene af den grund er ernæringsindeks som FU ikke velegnet i forbindelse med klimamærkning.

Der er desuden en række udfordringer ved at bruge ernæringskvalitetsindeks som FU i forbindelse med klimamærkning:

Hvis indeks valideres op mod kostråd, som i Bianchi m.fl. (2020), kan indeks ændres, når kostråd justeres ud fra opdateret evidens for sammenhænge mellem fødevarerindtag og risiko for udvikling af kroniske velfærdssygdomme, efterhånden som flere og mere specifikke studier kan inddrages. Kostråd afspejler desuden til dels bidraget af næringsstoffer fra fødevarerne, så validering op mod kostråd er ikke en entydig valideringsmetode. Hvis kostråd ændres, vil klimaaftrykket, som er beregnet i forhold til indeks, dermed også ændres uden, at der reelt er sket en ændring i drivhusgasudledningerne. Nordiske Næringsstofanbefalinger revideres desuden hver 8.-10. år, og dermed ville beregningerne af indeks også ændres, hvor betydningen af et næringsstofbidrag i forhold til andre kan ændres, hvis referenceværdier ændres mere for dette næringsstof end for andre.

Der er gode kemiske metoder til at analysere for næringsstoffer i produkter, men bestemmelse af næringsstofindholdet per 100 g i fødevarer er forbundet med usikkerhed, som især er forbundet med hvorvidt, der er foretaget en repræsentativ prøveudtagning. Estimering af klimaaftrykket for et produkt beregnet per vægtenhed er også forbundet med usikkerhed. Omregning til et klimaaftryk med en FU baseret på ernæringskvalitetsindeks vil tilføje yderligere usikkerhed ved det estimerede klimaaftryk, og desuden er der mange produkter, hvor næringsindholdet på vitamin og mineralniveau ikke er tilgængeligt (Strid m.fl. 2021).

De indeks, som indeholder både kvalificerende og diskvalificerende næringsstoffer, bliver negative, når indholdet af negative næringsstoffer overskygger de positive, f.eks. i sukkersøde drikke og søde og salte sager. Det er endnu ikke løst, hvordan negative værdier kan håndteres, da de ikke direkte kan indgå som FU for klimaaftryk (McLauren m.fl. 2021).

Virksomheder ville kunne øge ernæringskvalitetsindekset ved at tilsætte næringsstoffer til fødevarer eller drikkevarer, og når indeks relateres til klimaaftrykket, vil det fremstå lavere og dermed bedre i mærkningssammenhæng. Uden at ændre i drivhusgasudledninger, der er forbundet med fødevarereproduktionen, vil producenter via berigelse med næringsstoffer forbedre produktets klimaaftryk (Strid m.fl. 2021).

Endelig vil det klimaaftryk, der er beregnet per ernæringsindeks, ikke afspejle en fysisk mængde og derfor være svær at forklare og forstå for forbrugeren (Hallström m.fl. 2018; Rööös m.fl. 2014). Det vil også være en udfordring at sætte værdierne i relation til planetære grænser for drivhusgasudledningen.

Derimod kan parallelle estimeringer af ernæringskvalitetsindeks og klimaaftryk let visualiseres og give information dels i forhold til produktudvikling og optimeringer i produktionen samt ved LCA-studier, dels i forbindelse med udvikling af nationale kostråd, men det kræver fortsat udvikling og forskning i området (McLauren m.fl. 2021; McAuliffe m.fl. 2020).

5. Opsummering, diskussion og konklusion

Den mest brugte FU ved opgørelse af klimaaftryk er vægt eller volumen, f.eks. kg eller liter (for drikkevarer). Det gælder ved beregning af klimaaftryk ved LCA-studier, og det er derfor også brugt i de forskellige databaser over fødevarer og drikkevarers klimaaftryk.

Selvom en vigtig funktion af fødevarer er at bidrage med energi og næringsstoffer, når fødevarerne bliver spist og drukket, så fremgår det af litteraturen, at en FU baseret på et enkelt næringsstof, som f.eks. protein eller calcium, ikke kan afspejle kompleksiteten i næringsstofindholdet i fødevarer. Nogle produkter indeholder ikke protein eller energi, og i de tilfælde kan disse FU ikke anvendes. Alene af den grund er disse FU ikke egnede. Litteraturen beskriver forskellige ernæringsindeks eller ernæringscore, hvor indholdet af flere næringsstoffer er relateret til referenceindtaget for de enkelte næringsstoffer og summeret. De kan give forskellige billeder af næringsindholdet i en fødevare afhængig af, hvordan det konkret er beregnet. Det kan være værdifuldt ved evaluering af fødevarereproduktion og produktudvikling. Skønt der er eksempler i litteraturen på validering af forskellige ernæringsindeks som mål for overensstemmelse med kostråd,

er der ikke konsensus om en score, som er bedst i forhold til at fungere som FU ved klimamærkning, og der er en række udfordringer ved at bruge indeks som FU, som endnu ikke er løst. Andre vigtige funktioner af det man spiser og drikker, som smag og nydelse, vil desuden ikke blive tilgodeset, hvis FU er baseret på næringsindholdet. Den mere komplekse funktionalitet af fødevarer vil således gå tabt.

FU baseret på vægt eller volumen for drikkevarer, f.eks. per 100 g eller per 100 ml, har flere fordele: at forbrugeren kan relatere til en vægtenhed, at det ikke kræver andre data end klimaaftryk per kg at estimere værdierne, og produkternes klimaaftryk kan umiddelbart sammenlignes. Produkterne kan således placeres på en skala, der går fra lavt klimaaftryk per kg til højt klimaaftryk per kg.

Selvom ikke alle forbrugere har umiddelbar viden eller ide om, hvor meget forskellige fødevarer vejer, vil de have mulighed for at se det på pakningen eller evt. selv veje produktet hjemme. Det er det også disse enheder, som bruges i næringsdeklarationen på fødevarer, og derfor kan de to typer af mærkning relateres. Derfor kan opgørelse per 100g i stedet for per kg være relevant.

Klimaaftrykket per vægt eller volumen-enhed kan danne grundlag for sammenligning og rangliste af produkter, men kan ikke bruges til direkte substitution mellem produkter, fordi vi typisk spiser fødevarer i meget forskellige mængder, og de bidrager med forskellige næringsstoffer og energiindhold, og de indgår på forskellig vis i måltider og kosten generelt. Det kræver en mere omfattende analyse at vurdere værdien af substitution mellem produkter. Men det er muligt at forklare forbrugerne, at man selv kan tage højde for, at man køber og/eller indtager produkterne i forskellige mængder. Det er desuden muligt at forklare, hvordan mærkningen kan støtte op om, at kosten kan sammensættes, så klimaaftrykket ligger inden for et acceptabelt niveau, som f.eks. relateret til de planetære grænser, men at man samtidig må tage højde for de officielle kostråd, når kosten skal være både sund og klimavenlig. Dette bliver kort belyst i en efterfølgende rapport (Trolle og Lagoni 2025).

Endelig kan FU baseret på vægt eller volumen danne grundlag for omregning til andre FU, da fødevarerstabeller typisk er opgjort per 100 g. Hvis mærkningen kun angives med en farve og et bogstav, og ikke aftrykket i kg CO₂e per kg eller 100g, kan omregningen dog kun foretages centralt i tilknytning til databasen, der indeholder de beregnede værdier.

Det kan gøre en forskel om klimaaftrykket beregnes ud fra vægten af den spiselige del eller ud fra vægten af produktet med skræl, f.eks. melon, eller med ben mm, f.eks. fisk og kylling. For andre produkter er det af mindre betydning. Derfor vil det stille produkterne mere lige, hvis klimaaftrykket bliver opgjort per spiselig del. For de produkter, hvor det har afgørende betydning for klimaaftrykket, bør det fremgå om klimaaftrykket er beregnet per kg spiselig del eller per kg produkt. Samtidigt kan der være oplysning om vægten af den spiselige del af produktet.

I forhold til opgørelsen per vægt, eller volumen for drikkevarer, har opgørelse i forhold til tørstofindhold (per 100g tørstof), fordele i de tilfælde, hvor produkterne under forarbejdning kan tilsættes mere eller mindre vand. Et højere vandindhold vil give et lavere aftryk, når aftrykket opgøres per vægtenhed, mens det alt andet lige vil give samme aftryk, når aftrykket opgøres per tørstofindhold. Man undgår dermed at favorisere det produkt, der er blevet "fortyndet". For produkter med højt fedtindhold, f.eks. vegetabiliske olier og fede kødprodukter, vil opgørelse per

tørstofindhold give et lavere aftryk, mens produkter med et lavt tørstofindhold vil få et relativt højere klimaaftryk per 100g tørstof. Produkter med et højt fedtindhold og produkter med høje sukker- og fedtindhold ville blive favoriseret sammenlignet med produkter med lavt tørstofindhold som f.eks. de fleste grøntsager. Tørstofindhold er således ikke generelt velegnet som FU ved klimamærkning. Det bør overvejes, om supplerende oplysninger om tørstofindhold eller vandindhold for produkter, hvor der kan tilsættes og/eller fjernes mere eller mindre mængde vand ved forarbejdningen, kan reducere risiko for vildledning.

Konkluderende vurderes, at der er fordele ved at bruge vægt som FU:

- Forbrugeren kan relatere til en vægtenhed,
- Disse enheder bruges også i næringsdeklarationen på fødevarer,
- Produkternes klimaaftryk per vægt kan umiddelbart sammenlignes,
- Kan danne grundlag for omregning til andre FU, som i fødevaretabeller typisk er opgjort per 100g.

Det er desuden muligt at forklare forbrugeren, hvordan mærket kan bruges, og hvordan mærkningen kan støtte op om kostens sammensætning, så klimaaftrykket ligger inden for de planterære grænser.

Klimaaftrykket per vægt eller volumen-enhed kan ikke bruges til direkte substitution mellem produkter, fordi vi typisk spiser fødevarer i meget forskellige mængder, og de bidrager med forskellige næringsstoffer og energiindhold og indgår på forskellig vis i måltider og kosten generelt. Det kræver en mere omfattende analyse at vurdere værdien af substitution mellem produkter, derfor kan forbrugeren tilrådes at kombinere klimamærkningen med viden fra De officielle Kostråd til at sammensætte sit fødevareforbrug.

Det kan ses som en fordel, at FU for klimaaftryk opgøres per vægt af den spiselige del af produktet, fremfor per vægt af produkt, som det sælges, dvs. med vægt af ben og skræl indregnet, fordi det relaterer direkte til den mængde som bidrager til produktets funktion, og man kan undgå fejlfortolkninger ved sammenligning af produktets værdi. Alternativt kan det overvejes, om klimamærkningen skal suppleres med oplysning om vægt af spiselig del i forhold til totalvægten. Per 100g tørstof er ikke en FU, som kan bruges til sammenligning mellem alle produkter, men det kan overvejes at supplere med oplysning om vandindhold for produkter, som kan være fortyndet med vand uden at det fremgår klart for forbrugerne.

Når det ikke er muligt at pege på en FU, som kan indfange den ernæringsmæssige kvalitet af produktet, er det vigtigt at være opmærksom på at udforme mærket, så det ikke kan forstås som en mærkning af produktets ernæringsmæssige kvalitet og bidrag til sundhed.

Referencer

Agribalyse, 2023, 2024. Agribalyse 3.1 on openLCA : free open source LCA software. Hentet maj 2023 og maj 2024, fra <https://doc.agribalyse.fr/documentation-en/agribalyse-data/data-access>

- Bianchi, FR., 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(4):807–21. doi: 10.1007/s11367-020-01817-6.
- Bianchi, M., Strid, A., Winkvist, A., Lindroos, A-K., Sonesson, U., Hallström E. 2020. "Systematic Evaluation of Nutrition Indicators for Use within Food LCA Studies". doi: 10.3390/su12218992.
- Blomhoff, R., Andersen, R., Arnesen, E.K., Christensen, J.J., Eneroth, H., Erkkola, M., Gudaviciene, I., Halldorsson, T.I., Høyer-Lund, A., Lemming, E.W., Meltzer, H.M., Pitsi, T., Schwab, U., Siksna, I., Thorsdottir, I. & Trolle, E. 2023. *Nordic Nutrition Recommendations 2023*. Copenhagen: Nordic Council of Ministers.
- Casson, A., Giovenzana, V., Beghi, R., Tugnolo, A., Guidetti, R. 2019. "Environmental Impact Evaluation of Legume-Based Burger and Meat Burger". *Chemical Engineering Transactions* 75:229–34. doi: DOI:10.3303/CET1975039.
- Chapa, J., Farkas, B., Bailey, RL., Huang, J-Y. 2020. "Evaluation of environmental performance of dietary patterns in the United States considering food nutrition and satiety". *Science of The Total Environment* 722:137672. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.137672.
- Consumer Goods forum, og Institut du Commerce. 2022. *Empowering consumer choice and ecodesign - Best practices for FMCG with environmental labelling of food - FAQ on the french case*.
- Cortesi, A., Colpaert, M., Saint-Eve, A., Maurice, B., Yannou-Le Bris, G., Souchon, I., Pénicaud, C. 2023. "Contribution of consumer practices to the environmental impacts of pizzas". *Sustainable Production and Consumption* 37:26–38. doi: 10.1016/j.spc.2023.02.002.
- Cortesi, A., Yannou-Le Bris, G., Pénicaud, C. 2024. "Using nutritional functional units provides a nuanced view of the environmental performance of food products within the same category". *The International Journal of Life Cycle Assessment* 29(5):838–56. doi: 10.1007/s11367-024-02285-y.
- Costello, C., Xue, X., Howarth, RW. 2015. "Comparison of production-phase environmental impact metrics derived at the farm- and national-scale for United States agricultural commodities". *Environmental Research Letters* 10(11). doi: 10.1088/1748-9326/10/11/114004.
- De Camillis, C., Blingy, J-C., Pennington, D., Pályi, B. 2012. Outcomes of the second workshop of the Food Sustainable Consumption and Production Round Table Working Group 1: deriving scientifically sound rules for a sector-specific environmental assessment methodology. *Int J Life Cycle Assess* (2012) 17:511–515 DOI 10.1007/s11367-012-0396-9
- Drewnowski, A., Fulgoni, VL. 2014. "Nutrient density: principles and evaluation tools". *The American Journal of Clinical Nutrition* 99(5):1223S-1228S. doi: 10.3945/ajcn.113.073395.
- Druschba, M., Shakeri, G. 2023. "Scale-Score: Food Label to Support Nutritious and Sustainable Online Grocery Shopping".
- DTU Fødevareinstituttet. 2024. "FRIDA Database med fødevaredata". Hentet 8. marts 2024 (<https://frida.fooddata.dk/>).
- Ecochain. 2020. "These food companies put their footprint on their packaging". Hentet 28. oktober 2024 (<https://ecochain.com/blog/these-food-companies-put-their-carbon-footprint-on-their-packaging/>).
- Edenbrandt, AK., Lagerkvist, CJ. 2021. "Is food labelling effective in reducing climate impact by encouraging the substitution of protein sources?" *Food Policy* 101. doi: 10.1016/j.foodpol.2021.102097.

- Edenbrandt, AK., Nordström, J. 2023. "The future of carbon labeling – Factors to consider". *Agricultural and Resource Economics Review* 52(1):151–67. doi: 10.1017/age.2022.29.
- European Commission. 2020. Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system. Brussels.
- FAO, og WHO. 2019. Sustainable healthy diets - Guiding principles. Rome.
- Foundation Earth. 2024. "Foundation Earth - Environmental scoring of food & drink products". Hentet 28. oktober 2024 (<https://www.foundation-earth.org/>).
- Fresacher, M., Johnson MKP. 2023. "Designing climate labels for green food choices". *Journal of Cleaner Production* 430:139490. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2023.139490.
- Fulgoni, VL., Keast, DR., Drewnowski, A. 2009. "Development and Validation of the Nutrient-Rich Foods Index: A Tool to Measure Nutritional Quality of Foods". *The Journal of Nutrition* 139(8):1549–54. doi: 10.3945/jn.108.101360.
- Fødevarestyrelsen. 2023. Udvikling af et klimamærke til fødevarer: Anbefalinger fra arbejdsgruppen. Fra [https://foedevarestyrelsen.dk/Media/638197372191064486/Klimam%C3%A6rke_anbefalinger%20fra%20arbejdsgruppen_27.%20april%202023%20\(1\).pdf](https://foedevarestyrelsen.dk/Media/638197372191064486/Klimam%C3%A6rke_anbefalinger%20fra%20arbejdsgruppen_27.%20april%202023%20(1).pdf).
- Gay, AS., Warden, JM., Lane, H. 2023. "Climate labels and the restaurant industry: a qualitative study". *Environment Systems and Decisions*. doi: 10.1007/s10669-023-09919-w.
- Grant, CA., Hicks, AL. 2018. "Comparative Life Cycle Assessment of Milk and Plant-Based Alternatives". *Environmental Engineering Science* 35(11):1235–47. doi: 10.1089/ees.2018.0233.
- Hallström, E., Carlsson-Kanyama, A., Börjesson, P. 2015. "Environmental impact of dietary change: a systematic review". *Journal of Cleaner Production* 91:1–11. doi: 10.1016/j.jclepro.2014.12.008.
- Hallström, E., Davis, J., Woodhouse, A., Sonesson, U. 2018. "Using dietary quality scores to assess sustainability of food products and human diets: A systematic review". *Ecological Indicators* 93:219–30. doi: 10.1016/j.ecolind.2018.04.071.
- International Organisation for Standardisation. 2006. "Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework (ISO Standard No. 14044:2006)". Hentet 27. maj 2024 (<https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:14044:ed-2:v1:en:term:3.20>).
- Katz-Rosene, R., Ortenzi, F., McAuliffe, GA., Beal T. 2023. "Levelling foods for priority micronutrient value can provide more meaningful environmental footprint comparisons". *Communications Earth & Environment* 4(1):287. doi: 10.1038/s43247-023-00945-9.
- Kyttä, V., Kårlund, A., Pellinen, T., Pietiläinen, O., Tuomisto, HL., Kolehmainen, M., Pajari, A-M., Saarinen, M. 2023. "Product-group-specific nutrient index as a nutritional functional unit for the Life Cycle Assessment of protein-rich foods". *The International Journal of Life Cycle Assessment* 28(12):1672–88. doi: 10.1007/s11367-023-02217-2.
- Lemken, D., Zühlsdorf, A., Spiller, A. 2021. "Improving Consumers' Understanding and Use of Carbon Footprint Labels on Food: Proposal for a Climate Score Label". *EuroChoices* 20(2):23–29. doi: 10.1111/1746-692X.12321.
- Maier, M. 2024. "Increasing the uptake of plant-based diets: An analysis of the impact of a CO2 food label". *Journal of Environmental Psychology* 93. doi: 10.1016/j.jenvp.2023.102216.
- Marette, S. 2022. "Ecological and/or nutritional scores for food traffic-lights: Results of an online survey conducted on pizza in France". *Sustainability (Switzerland)* 14(1). doi: 10.3390/su14010247.
- Masset, G., Vieux, F., Darmon, N. 2015. "Which functional unit to identify sustainable foods?". *Public Health Nutrition* 18(13):2488–97. doi: 10.1017/S1368980015000579.

- McAuliffe, GA., Takahashi, T., Lee, MRF. 2018. "Framework for life cycle assessment of livestock production systems to account for the nutritional quality of final products". *Food and Energy Security* 7(3). doi: 10.1002/fes3.143.
- McAuliffe, GA., Takahashi, T., Lee, MRF. 2020. Applications of nutritional functional units in commodity-level life cycle assessment (LCA) of agri-food systems. *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2020) 25:208–221 <https://doi.org/10.1007/s11367-019-01679-7>
- McAuliffe, GA., Takahashi, T., Beal, T., Huppertz, T., Leroy, F., Buttriss, J., Collins, AL., Drewnowski, A., McLaren, SJ., Ortenzi, F., van der Pols, JC., van Vliet, S., Lee, MRF. 2022. Protein quality as a complementary functional unit in life cycle assessment (LCA). *The International Journal of Life Cycle Assessment* (2023) 28:146–155 <https://doi.org/10.1007/s11367-022-02123-z>
- McLauren, S., Berardy, A., Henderson, A., Holden, N., Huppertz, T., Jolliet, O., De Camillis, C., Renouf, M., Rugani, B., Saarinen, M., van der Pols, J., Vázquez-Rowe, I., Vallejo, AA., Bianchi, M., Chaudhary, A., Chen, C., CooremanAlgoed, M., Dong, H., Grant, T., Green, A., Hallström, E., Hoang, H., Leip, A., Lynchm J., McAuliffe, G., Ridoutt, B., Saget, S., Scherrer, L., Tuomisto, H., Tyedmers, P., van Zanten, H. 2021. *Integration of Environment and Nutrition in Life Cycle Assessment of Food Items: Opportunities and Challenges*. 1. udg. Rome: FAO.
- Mejborn, H., og Biltoft-Jensen, AP. 2020. Ernæringsfaglig vurdering af mærkningsordningen Nutri-Score: Notat. DTU Fødevareintitutet
- Merz, B., Temme, E., Alexiou, H., Beulens, JWJ., Buyken, AE., Bohn, T., Ducrot, P., Falquet, M-N., Solano, MG., Haidar, H., Infanger, E., Kühnelt, C., Rodríguez-Artalejo, Sarda, B., Steenbergen, E., Vandevijvere, S., Julia, C. 2024. "Nutri-Score 2023 update". *Nature Food* 5(2):102–10. doi: 10.1038/s43016-024-00920-3.
- Mogensen, L., Hermansen, JE., Trolle, E. 2020. "The Climate and Nutritional Impact of Beef in Different Dietary Patterns in Denmark". *Foods* 9(9):1176. doi: 10.3390/foods9091176.
- Mogensen, L., Knudsen, MT., Hashemi, F., Jensen, A., Kristensen, T. Vidensyntese om livscyklusvurderinger og klimaeffektivitet i landbrugssektoren [In Danish] (Synthesis of knowledge on life cycle assessments and climate impact i the agriculture sector). Aarhus: Aarhus University, DCA Danish Centre for Food and Agriculture; 2022.
- Notarnicola, B., Tassielli, G., Renzulli, PA., Monforti, F. 2017. "Energy flows and greenhouses gases of EU (European Union) national breads using an LCA (Life Cycle Assessment) approach". *Journal of Cleaner Production* 140:455–69. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.05.150.
- O, NC., Hwang, CJ., Pak, JS., Jon, YI., Ri, IK., Choe, TH. 2024. "Revisiting mass, economic value, quality-based functional units in life cycle assessment of foods towards environmental benchmarking". *International Journal of Environmental Science and Technology* 21(3):2975–88. doi: 10.1007/s13762-023-05115-0.
- O, NC., Pak, SC., Ri, RJ., Han, HI. 2023. "Life cycle-carbon footprints for environmental performance/labeling of crop-based food products: analyses of complementary functional units and hotspots". *International Journal of Environmental Science and Technology* 20(3):2375–88. doi: 10.1007/s13762-022-04174-z.
- Poore, J., Nemecek, T. 2018. "Reducing food's environmental impacts through producers and consumers". *Science* 360(6392):987–92. doi: 10.1126/science.aaq0216.
- Potter, C., Pechey, R., Clark, M., Frie, K., Bateman, P.A., Cook, B., Stewart, C., Piernas, C., Lynch, J., Rayner, M., Poore, J., Jebb, S.A. 2024. "Effects of environmental impact labels

- on the sustainability of food purchases: A randomised controlled trial in an experimental online supermarket". *PLOS ONE* 17(11):e0272800. doi: 10.1371/journal.pone.0309440.
- RISE. 2021. "RISE Climate scale for meals". Tilgængelig på: <https://www.ri.se/en/expertise-areas/expertises/rise-climate-scale-for-meals>. Hentet d. 25/6-24
- RISE. 2023. "RISE food climate database". Hentet 28. oktober 2024 (<https://www.ri.se/en/what-we-do/expertises/rise-food-climate-database>).
- Rufi-Salís, M., Petit-Boix, A., Villalba, G., Ercilla-Montserrat, M., Sanjuan-Delmás, D., Parada, F., Arcas, V., Muñoz-Liesa, J., Gabarrell, X. 2020. "Identifying eco-efficient year-round crop combinations for rooftop greenhouse agriculture". *The International Journal of Life Cycle Assessment* 25(3):564–76. doi: 10.1007/s11367-019-01724-5.
- Röös, E., Ekelund, L., Tjärnemo, H. 2014. "Communicating the environmental impact of meat production: challenges in the development of a Swedish meat guide". *Journal of Cleaner Production* 73:154–64. doi: 10.1016/J.JCLEPRO.2013.10.037.
- Saget, S., Costa, M., Barilli, E., de Vasconcelos, MW., Santos, CS., Styles, D., Williams, M. 2020. "Substituting wheat with chickpea flour in pasta production delivers more nutrition at a lower environmental cost". *Sustainable Production and Consumption* 24:26–38. doi: 10.1016/j.spc.2020.06.012.
- Nutri-Score, 2024. Hentet 8. juli 2024, <https://www.santepubliquefrance.fr/en/nutri-score>
- Sonesson, U., Davis, J., Hallström, E., Woodhouse, A. 2019. "Dietary-dependent nutrient quality indexes as a complementary functional unit in LCA: A feasible option?" *Journal of Cleaner Production* 211:620–27. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.11.171.
- Sonesson, U., Davis, J., Flysjö, A., Gustavsson, J., Witthöft, C. 2017. "Protein quality as functional unit – A methodological framework for inclusion in life cycle assessment of food". *Journal of Cleaner Production* 140:470–78. doi: 10.1016/j.jclepro.2016.06.115.
- Stephansen, C., Lane, H. 2024. "The power of climate labels the search for an optimal label design". *Journal of Philanthropy and Marketing* 29(1). doi: 10.1002/nvsm.1818.
- Stremmel, G., Elshiewy, O., Boztug, Y. 2024. "Climate-neutral labeling for climate-friendly vs. climate-harmful food products: Consumer perceptions and implications". *Business Strategy and the Environment* 33(5):4441–55. doi: 10.1002/bse.3713.
- Strid, A., Hallström, E., Sonesson, U., Sjons, J., Winkvist, A., Bianchi, M. 2021. "Sustainability Indicators for Foods Benefiting Climate and Health". *Sustainability* 13(7):3621. doi: 10.3390/su13073621.
- Saarinen, M., Fogelholm, M., Tahvonen, R., Kurppa, S. 2017. "Taking nutrition into account within the life cycle assessment of food products". *Journal of Cleaner Production* 149:828–44. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.02.062.
- Taufique, KMR., Nielsen, KS., Dietz, T., Shwom, R., Stern, PC., Vandenberg, MP. 2022. "Revisiting the promise of carbon labelling". *Nature Climate Change* 12(2):132–40.
- Teixeira, R., Himeno, A., Gustavus, L. 2013. "Carbon footprint of breton pâté production: A case study". *Integrated Environmental Assessment and Management* 9(4):645–51. doi: 10.1002/ieam.1458.
- Trolle, E., Nordman, M., Lassen, AD., Colley, TA., Mogensen, L. 2022. "Carbon Footprint Reduction by Transitioning to a Diet Consistent with the Danish Climate-Friendly Dietary Guidelines: A Comparison of Different Carbon Footprint Databases". *Foods* 11(8). doi: 10.3390/foods11081119.
- Trolle, E., Lagoni, ES. 2025. Metoder til at fastsætte grænseværdier for trin i en skala til klimamærkning. DTU Fødevareinstituttet. Kgs. Lyngby

- Tyszler, M., Kramer, G., Blonk, H. 2014. "Comparing apples with oranges: on the functional equivalence of food products for comparative LCAs". *The International Journal of Life Cycle Assessment* 19(8):1482–87. doi: 10.1007/s11367-014-0762-x.
- WBCSD. 2021. *Food Labeling: Principles to support the uptake of healthy and sustainable diets*.
- Weidema, BP., Eliassen, JL. 2023. "Establishing a horizontal European climate label for products Potential for an effective climate labelling framework". doi: 10.2861/568026.
- Xu, X., Lan, Y. 2016. "A comparative study on carbon footprints between plant- and animal-based foods in China". *Journal of Cleaner Production* 112:2581–92. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.10.059.
- Xu, Z., Fu, Z., Zhai, Z., Yang, X., Meng, F., Feng, X., Zhong, J., Dai, Y., Xu, W., Cheng, J-H., Zhang, Z. 2020. "Comparative evaluation of carbon footprints between rice and potato food considering the characteristic of Chinese diet". *Journal of Cleaner Production* 257:120463. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120463.
- Xu, Z., Xu, W., Peng, X., Yang, Q., Zhang, Z. 2018. "Effects of different functional units on carbon footprint values of different carbohydrate-rich foods in China". *Journal of Cleaner Production* 198:907–16. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.091.
- Ygil, KH. 2013. "Mål, vægt og portionsstørrelser på fødevarer". DTU Fødevareinstituttet.
- Zhang, M., Li, H., Chen, S., Liu, Y., Li, L. 2023. "Interrogating greenhouse gas emissions of different dietary structures by using a new food equivalent incorporated in life cycle assessment method". *Environmental Impact Assessment Review* 103:107212. doi: 10.1016/j.eiar.2023.107212.
- Zhen, H., Mogensen, L., Dorca-Preda, T., Knudsen, MT. 2024. *Guidelines for calculating the carbon footprint of food products available on the Danish market Advisory report from DCA – Danish Centre for Food and Agriculture, Aarhus University*

Bilag A

Tabel A1. Indholdet af protein, energi og tørstof samt klimaaftrykket for de udvalgte fødevarer og drikkevarer, som indgår i sammenligninger af effekt af forskellige FU. (Hvis ikke andet er angivet er data fra hhv. frida.fooddata.dk (DTU Fødevarerinstitutionen 2024) og Trolle m.fl 2022.

| Frida-nr | Generisk produkt | Energi MJ/100g | Protein g/100g | Tørstof g/100g | kg CO ₂ e/kg produkt |
|----------|--|----------------|----------------|----------------|---------------------------------|
| 317 | Agurk, rå | 0,05 | 0,70 | 3,70 | 0,68 |
| 1855 | Ananas, rå | 0,20 | 0,10 | 12,50 | 0,72 |
| 70 | Appelsin, rå | 0,21 | 0,90 | 13,60 | 0,51 |
| 1801 | Bønne, tørret | 1,15 | 18,00 | 87,00 | 0,57 |
| 839 | Chips baseret på kartoffel | 2,22 | 5,40 | 98,70 | 2,66 |
| *** | Falafel, mix, tilberedt | 1,08 | 9,00 | 54,70 | 0,84** |
| 148 | Fast ost, 45+ eller derover | 1,39 | 24,20 | 55,40 | 9,68 |
| 1773 | Friskost, komælk | 1,07 | 3,60 | 35,40 | 6,66 |
| 533 | Frugt, tørret | 1,31 | 2,00 | 81,60 | 1,90 |
| 988 | Grisekød, 10% fedt, rå | 0,76 | 18,70 | 31,70 | 4,54 |
| 74 | Grisekød, 23,4% fedt, rå | 1,14 | 16,10 | 40,30 | 4,54 |
| 654 | Hummer og jomfruhummer, rå | 0,39 | 19,60 | 24,00 | 31,70 |
| 150 | Jordnød, tørret | 2,47 | 25,80 | 93,50 | 1,90 |
| 4 | Kartoffel, rå | 0,33 | 2,00 | 20,50 | 0,27 |
| 795 | Kylling, hel, rå | 0,54 | 19,30 | 25,90 | 3,19 |
| 1658 | Laks og ørred, opdræt, rå | 0,95 | 15,80 | 35,30 | 4,43 |
| 1820 | Majs, rå | 0,34 | 3,30 | 21,10 | 0,93 |
| 972 | Marmelade | 0,86 | 0,60 | 53,00 | 1,45 |
| 1857 | Melon, rå | 0,14 | 0,20 | 9,20 | 1,31 |
| 81 | Mineralvand | 0 | 0 | 0,1 | 0,33 |
| 387 | Musling, rå | 0,35 | 11,90 | 19,40 | 1,49 |
| 1066 | Mælk og mælkeprodukt, under 1,5% fedt, uden smag | 0,16 | 3,50 | 9,40 | 1,00 |
| 33 | Mælk, 1,5-3% fedt | 0,20 | 3,50 | 10,70 | 1,00 |
| 1064 | Oksekød, kødkvæg, 22,1% fedt, rå | 1,13 | 17,00 | 40,90 | 23,30* |
| 831 | Oksekød, kødkvæg, 6,2% fedt, rå | 0,58 | 20,50 | 27,70 | 23,30* |
| 1067 | Oksekød, malkekvæg, 15-20% fedt, rå | 0,90 | 17,80 | 34,90 | 10,90* |
| 1739 | Oksekød, malkekvæg, 8-12% fedt, rå | 0,72 | 20,00 | 31,30 | 10,90* |

| | | | | | |
|------|-----------------------------|------|-------|--------|--------|
| 305 | Pasta og nudler, tørret | 1,53 | 12,30 | 90,50 | 1,40 |
| 1483 | Rapsolie | 3,70 | 0,00 | 100,00 | 2,60 |
| 646 | Rugbrød, med kerner og frø | 0,90 | 5,70 | 54,60 | 1,01 |
| 763 | Saft, koncentreret | 0,72 | 0,50 | 42,20 | 2,90 |
| 1889 | Sodavand | 0,18 | 0,00 | 10,30 | 0,43 |
| 49 | Spidskål, rå | 0,11 | 2,00 | 8,10 | 0,40 |
| 50 | Spinat, rå | 0,10 | 2,60 | 8,20 | 0,41 |
| 272 | Tofu | 0,52 | 13,30 | 23,10 | 1,72 |
| 52 | Tomat, drivhus, rå | 0,09 | 0,80 | 6,30 | 1,90** |
| 52 | Tomat, friland, rå | 0,09 | 0,80 | 6,30 | 0,50** |
| 169 | Tomat, soltørret, konserver | 1,19 | 14,40 | 85,40 | 1,55 |
| 1118 | Vingummi, mix | 1,48 | 6,60 | 86,30 | 2,67 |
| 2 | Æble, rå | 0,23 | 0,30 | 15,10 | 0,50 |

* Mogensen m.fl., 2020

** Agribalyse, 2024

*** Næringsindhold fra Livsmedelsverket i Sverige,

<https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/naringsamne/livsmedelsdatabasen>



DTU Fødevareinstituttet
DTU National Food Institute

Henrik Dams Allé
2800 Kgs Lyngby

+45 35 88 70 00

food.dtu.dk