



Påverkan på klimat och biologisk mångfald från svensk och importerad quinoa: ett livscykelperspektiv

Saga Enberg

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för energi och teknik
Biologi och miljövetenskap – kandidatprogram
Examensarbete 2023:14 • ISSN 1654-9392
Uppsala 2023



Påverkan på klimat och biologisk mångfald från svensk och importerad quinoa: ett livscykelperspektiv

Impacts on climate and biodiversity from Swedish and imported quinoa: a life cycle perspective

Saga Enberg

Handledare: Pernilla Tidåker, SLU, Institutionen för energi och teknik
Examinator: Hanna Karlsson Potter, SLU, Institutionen för energi och teknik

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: Grundnivå, G2E
Kurstitel: Självständigt arbete i miljövetenskap
Kurskod: EX0896
Program/utbildning: Biologi och miljövetenskap
Kursansvarig inst.: Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2023
Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.
Serietitel: Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)
Delnummer i serien: 2023:14
ISSN: 1654-9392

Nyckelord: biologisk mångfald, hållbar livsmedelsproduktion, klimatpåverkan, livscykelanalys (LCA), quinoa

Sammanfattning

Quinoa anses vara en framtidsgröda, och har attraktiva egenskaper så som högt näringsinnehåll och brett användningsområde. I Sydamerika har quinoa odlats i tusentals år. I Sverige odlas quinoa genom företaget Nordisk Råvara. På grund av den globala klimatkrisen, förlust av biologisk mångfald och ett ökat intresse för inhemsk livsmedelsproduktion och quinoa generellt, har därför quinoa studerats i denna LCA-studie.

Denna studie jämförde miljöpåverkan för inhemsk och importerad quinoa från odling till livsmedelsbutik i Uppsala ("vagga till grind"), med den funktionella enheten (FE) "500 g förpackad vara". Resultatet visade att inhemsk quinoa har lägst miljöpåverkan utifrån studiens tre undersökta miljöpåverkanskategorier (klimatpåverkan, primärenergianvändning och biologisk mångfald) för odling, transporter och förpackning, där fokus främst låg på transporter.

Resultatet visade att inhemsk quinoa har en halverad klimatpåverkan jämfört med importerad quinoa.

Klimatpåverkan hos inhemsk quinoa låg på 360 g CO₂eq per FE, där odling utgjorde 83 %.

Primärenergianvändning för enbart transporter beräknades till 0,80 MJ per FE. Biodiversitetsförlusten låg på $1,8 \cdot 10^{-11}$ - $1,6 \cdot 10^{-11}$ PDF per FE. Klimatpåverkan hos importerad quinoa låg på 711 (ekologisk) respektive 755 g CO₂eq per FE (konventionell), där odling och transport bidrog ungefär lika mycket. Primärenergianvändning för enbart transporter hos ekologisk quinoa var 3,80 MJ per FE, och hos konventionell quinoa var 3,10 MJ per FE. För att undersöka förbättringspotentialen i transportkedjan utfördes en känslighetsanalys där importerad quinoa antogs använda samma bränsletyp som inhemsk quinoa. Men importerad quinoa fick en fortsatt hög miljöpåverkan. Biodiversitetsförlusten låg på $1,6 \cdot 10^{-10}$ - $7,4 \cdot 10^{-10}$ PDF per FE. Förpackningen bidrog till en låg andel av den totala miljöpåverkan för samtlig quinoa.

Att ersätta importerad quinoa med inhemsk quinoa kan utifrån mitt resultat väsentligt reducera miljöpåverkan och förlusten av biologisk mångfald. Odlingsfasen utpekades som en "hot-spot" i miljöpåverkan, och därför föreslogs ökat fokus på förbättrad gödselanvändning, växtnäringssinnehåll, applicerings- och produktionsmetod. Dessutom föreslogs en ökad transparens kring livsmedels miljöpåverkan för att livsmedelsaktörer enklare ska kunna välja hållbara livsmedel.

Nyckelord: hållbar livsmedelsproduktion, livscykelanalys (LCA)

Abstract

Quinoa is regarded a future crop and has attractive qualities such as, high nutritional content, and versatile application. In South America, quinoa has been cultivated for thousands of years. In Sweden, quinoa is grown by the company Nordisk Råvara. Due to the global climate crisis, biodiversity loss and an increased interest in domestic food production and quinoa in general, quinoa has therefore been studied in this LCA study.

This study compared the environmental impact of domestic and imported quinoa from cultivation to grocery store in Uppsala ("cradle to gate"), with functional unit (FU) of "500 g packaged product". The results demonstrated that domestic quinoa has the lowest environmental impact based on the study's three investigated environmental impact categories (climate impact, primary energy use and biodiversity) for cultivation, transport, and packaging, where the focus was mainly on transport.

The result showed a halved climate impact of domestic quinoa compared to imported quinoa. The climate impact of domestic quinoa was 360 g CO₂eq per FU, where cultivation accounted for 83 %. Primary energy use for transports alone was 0,80 MJ per FU. Biodiversity loss was $1.8 \cdot 10^{-11}$ – $1.6 \cdot 10^{-11}$ PDF per FU. The climate impact of imported quinoa was 711 and 755 g CO₂eq per FU for organic and conventional, respectively, where cultivation and transport contributed equally. Primary energy use for transports alone for organic quinoa was 3,80 MJ per FU, and for conventional quinoa 3,10 MJ per FU. To examine the improvement potential in the transport chain, a sensitivity analysis was performed where the imported quinoa was assumed to use the same fuel type as the domestic quinoa. But imported quinoa had a continued high environmental impact. Biodiversity loss for imported quinoa was $1.6 \cdot 10^{-10}$ – $7.4 \cdot 10^{-10}$ PDF per FU. The packaging had a low contribution to the total environmental impact for all quinoas.

Based on my results, environmental impact and biodiversity can be substantially reduced if imported quinoa is replaced by quinoa cultivated in Sweden. The cultivation phase was identified as a "hot-spot" in the environmental impact, and therefore further implementation was suggested to improve the fertilizer, plant nutrient content, application method and production method. In addition, an increased transparency as regards the environmental impact of food was suggested so that food actors can make more sustainable food choices.

Keywords: life cycle assessment (LCA), sustainable food production

Innehållsförteckning

| | |
|---|-----------|
| Tabellförteckning | 7 |
| Figurförteckning | 8 |
| Förkortningar | 9 |
| 1. Inledning..... | 10 |
| 1.1 Syfte | 10 |
| 2. Litteraturgenomgång | 12 |
| 2.1 LCA | 12 |
| 2.2 Quinoans användningsområde | 13 |
| 2.3 Historisk utveckling av quinoa | 14 |
| 2.4 Odling av quinoa i Sverige och Europa..... | 14 |
| 2.5 Odling av quinoa i Sydamerika..... | 15 |
| 3. Material och metod | 16 |
| 3.1 Odling..... | 16 |
| 3.2 Transport..... | 17 |
| 3.3 Förpackning..... | 17 |
| 4. Omfattning och avgränsning av LCA-studien | 18 |
| 4.1 Systembeskrivning | 18 |
| 4.2 Systemgränser..... | 18 |
| 4.3 Funktionell enhet..... | 19 |
| 4.4 Miljöpåverkanskategorier | 19 |
| 5. Inventeringsanalys | 21 |
| 5.1 Svensk quinoa | 21 |
| 5.1.1 Odling..... | 21 |

| | | |
|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| 5.1.2 | Biodiversitetsbedömning | 21 |
| 5.1.3 | Transport | 21 |
| 5.1.4 | Förpackning..... | 22 |
| 5.2 | Importerad quinoa | 22 |
| 5.2.1 | Odling av ekologisk quinoa..... | 22 |
| 5.2.2 | Odling av konventionell quinoa..... | 22 |
| 5.2.3 | Biodiversitetsbedömning | 23 |
| 5.2.4 | Transport | 23 |
| 5.2.5 | Förpackning..... | 25 |
| 6. | Resultat..... | 26 |
| 6.1 | Klimatpåverkan för odling, transport och förpackning | 26 |
| 6.2 | Primärenergianvändning kopplad till transporter | 27 |
| 6.3 | Biodiversitetsbedömning av respektive ekoregion..... | 29 |
| 7. | Känslighetsanalys..... | 30 |
| 7.1 | Transportkedjans klimatpåverkan och primärenergianvändning | 30 |
| 8. | Diskussion | 33 |
| 8.1 | Jämförelse med andra livsmedel | 33 |
| 8.2 | Odling..... | 34 |
| 8.3 | Transport..... | 34 |
| 8.4 | Biologisk mångfald | 35 |
| 9. | Slutsats | 36 |
| Referenser..... | Referenser..... | Error! Bookmark not defined. |
| Tack..... | Tack..... | 40 |
| Bilaga 1 – Transporter | Bilaga 1 – Transporter | 41 |
| Bilaga 2 – Datasets | Bilaga 2 – Datasets | 45 |

Tabellförteckning

| | |
|--|----|
| Tabell 1. Ekoregioner för inhemsk quinoa, samt dess avkastning | 21 |
| Tabell 2. Rutter, vägpunkter och transportsträcka för inhemsk quinoa | 21 |
| Tabell 3. Ekoregioner för importerad quinoa, samt dess avkastning | 23 |
| Tabell 4. Rutter, vägpunkter och transportsträcka för importerad quinoa | 23 |
| Tabell 5. Klimatpåverkan för odling, transport och förpackning..... | 27 |
| Tabell 6. Primärenergianvändning kopplad till transporter | 28 |
| Tabell 7. Biodiversitetsförlust i respektive odlingsområde uttryckt i PDF per FE | 29 |
| Tabell 8. Transportkedjans klimatpåverkan med diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t och 160 000 dwt containership, jämfört med tidigare transportvärden..... | 31 |
| Tabell 9. Transportkedjans primärenergianvändning med diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t och 160 000 dwt containership, jämfört med tidigare transportvärden..... | 32 |
| Tabell 10. Delsträckornas längd (km), transportmedel, dieseltyp, klimatpåverkan (g CO ₂ eq) och primärenergianvändning (MJ) per FE | 41 |
| Tabell 11. Genomsnitt för delsträckornas längd (km), transportmedel, dieseltyp, klimatpåverkan (g CO ₂ eq) och primärenergianvändning (MJ) per FE | 43 |
| Tabell 13. Datasets för produktionen av quinoa, samt förpackning..... | 45 |

Figurförteckning

| | |
|---|----|
| Figur 1. Samtliga steg i en LCA..... | 13 |
| Figur 2. Beskrivning av studiens systemgränser..... | 18 |
| Figur 3. Klimatpåverkan för odling, transport och förpackning..... | 26 |
| Figur 4. Primärenergianvändning för transport..... | 28 |
| Figur 5. Biodiversitetsförlust i respektive odlingsområde..... | 29 |
| Figur 6. Transportkedjans klimatpåverkan med diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t och 160 000 dwt containership, jämfört med tidigare transportvärden..... | 30 |
| Figur 7. Transportkedjans primärenergianvändning med diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t och 160 000 dwt containership, jämfört med tidigare transportvärden..... | 31 |

Förkortningar

| | |
|--------------------|--|
| ALCA | Bokföringsanalys |
| CLCA | Konsekvensanalys |
| CO ₂ eq | Koldioxidekvivalenter |
| dLUC | Direkta markanvändningsförändringar |
| dwt | Dödsvikt |
| kg/ha | Kilogram per hektar |
| iLUC | Indirekta markanvändningsförändringar |
| LCA | Livscykelanalys |
| LCI | Inventeringsanalys |
| LCIA | Miljöpåverkansbedömning |
| MJ | Megajoule |
| PDF | Potential Disappeared Fraction ('potentiellt försvunnen fraktion') |
| SLU | Sveriges lantbruksuniversitet |

1. Inledning

Med ett ökat intresse för självförsörjning av mat och en inhemsk livsmedelsproduktion från konsumenter har quinoa lyfts fram som en lovande framtidsgröda. Quinoa har en bred genetisk mångfald, med egenskaper som klarar abiotiska påfrestningar under odling däribland frost, hög salthalt och torka (De Bock, *et al.*, 2019; Varma, 2021; Bazile, *et al.*, 2016; Gamboa, *et al.*, 2020). FN har särskilt uppmärksammat quinoa genom att utropa år 2013 till det internationella året för quinoa (FAO, u.å.). Enligt FN anses quinoa vara viktig i områden där det råder brist på likvärdiga proteinkällor eller där miljömässiga faktorer begränsar livsmedelsproduktionen.

Den senaste klimatforskningen påvisar att planeten befinner sig i en allvarlig klimatkris (IPCC, 2023). IPCC:s syntesrapport trycker på att det är avgörande att minska växthusgasutsläppen med minst hälften fram till 2030. Detta för att begränsa den globala medeltemperaturen till en höjning av max 1,5 °C. Om detta inte uppnås, kommer konsekvenserna för mänskligheten att bli förödande med bland annat förlust av biologisk mångfald, en högre medeltemperatur, extremväder, stigande havsnivåer och försämrade livsvillkor (Europeiska Kommissionen, u.å.). Att endast reducera klimatpåverkan i det globala energisystemet är otillräckligt. För att uppnå Parisöverenskommelsen med att begränsa den globala uppvärmningen till under 2 °C måste stora förändringar göras inom livsmedelssystemet (Willett, *et al.*, 2019).

Planetens befinner sig dessutom i en global ekologisk kris (Levente Hufnagel, *et al.*, 2018). Förlust av biologisk mångfald är en överskriden planetär gräns och en stor orsak till detta är världens livsmedelsproduktion (Rockström, *et al.*, 2009). Världens livsmedelsproduktion förstör och fragmenterar ekosystem och är därför viktig att studera (Rockström, *et al.*, 2009; Levente Hufnagel, *et al.*, 2018; Chaudhary, *et al.*, 2018). Genom att konsumenter och livsmedelsaktörer får en insyn i vilka dolda konsekvenser som livsmedel kan ha på den biologiska mångfalden får de upp ögonen för hållbart producerade livsmedel (Chaudhary, *et al.*, 2018). Detta kan bidra till att den biologiska mångfalden skyddas (Ahlgren, *et al.*, 2022).

Frågan är därför vilken roll quinoa kan utgöra vid en omställning till en mer hållbar livsmedelskedja. SLU (2022) härleder cirka 70 % av den svenska livsmedelskonsumtionens klimatpåverkan till animaliska produkter. Förutom förändrade kostvanor, betonar SLU (2022) att det även krävs minskad användning av fossil energi, förbättrad produktion och lägre påverkan från förpackning och transporter. Dessutom beskrivs klimatförändringarna utgöra ett potentiellt hot mot quinoaproduktionen i Sydamerika (Cancino-Espinoza, *et al.*, 2018) och livsmedelsproduktionen i övrigt (Willett, *et al.*, 2019).

1.1 Syfte

Syftet med denna livscykelanalys (LCA) är att undersöka om inhemsk (ekologisk) eller importerad (ekologisk och konventionell) quinoa har lägst påverkan på miljön, identifiera vad som utgör hot-spots med särskilt stor påverkan i produktionskedjan och föreslå hur miljöpåverkan kan minska.

Klimatpåverkan, användning av primärenergi och biologisk mångfald, även kallat biodiversitet, kommer att sammanställas för produktionskedjan och inkludera odling,

transportkedjor och förpackningar. Resultaten för inhemsk och importerad vara för den svenska marknaden kommer att jämföras och även diskuteras i relation till andra proteinkällor och spannmålsprodukter.

2. Litteraturgenomgång

2.1 LCA

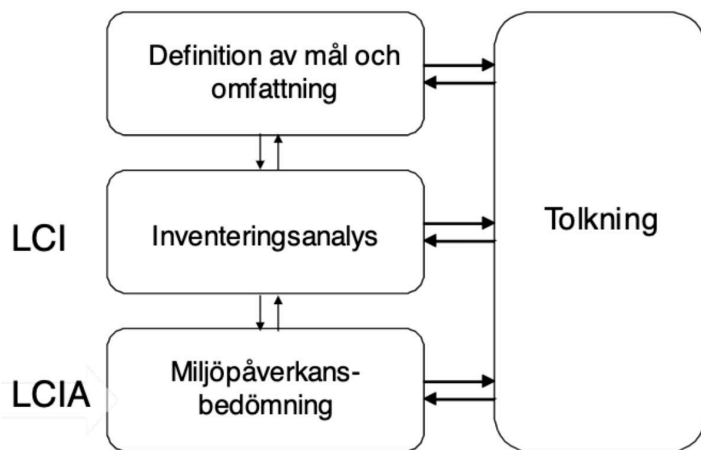
LCA är en metod för att beräkna eller bedöma en produkts eller tjänsts miljöpåverkan genom att följa flöden under hela dess livscykel, utifrån valda miljöpåverkanskategorier så som klimatpåverkan, primärenergianvändning, biologisk mångfald, landanvändning, abiotiska resurser, försurning, övergödning *o.s.v.* (SLU, 2022). Vanligtvis följs flöden från utvinning av råvaror till användning, återvinning och slutligen skrotning, *d.v.s.* ”från vaggan till graven” (Uppsala universitet, 2009).

En LCA har flera faser och beskrivs av den omfattande ILCD-handboken som utvecklats av Europeiska kommissionen (2010). Denna studie följer Europeiska kommissionens riktlinjer för LCA enligt ISO 14040 genom dess fyra faser; definition av mål och omfattning, LCI (inventeringsanalys), LCIA (miljöpåverkansbedömning) samt tolkning. Metoden för LCA är en iterativ process, *d.v.s.* stegen i en LCA måste ständigt tolkas och omtolkas för att erhålla ett trovärdigt och genomtänkt resultat (SLU, 2022), vilket visas i figur 1.

Europeiska kommissionen (2010) definierar mål och omfattning i ILCD-handboken som två grundläggande delar av en LCA-studie. Mål ska beskriva varför en LCA ska utföras samt studiens syfte. Omfattning behandlar vilka aspekter av produkten eller processen som kommer undersökas och hur djupgående denna beskrivning kommer att analyseras. Vidare menar Europeiska kommissionen (2010) att omfattningen bör vara tillräckligt omfattande för att ge en fullständig bild av systemets miljöpåverkan, men samtidigt vara tillräckligt snäv för att vara trovärdig och genomförbar.

Nästkommmande steg i en LCA är en LCI som ska identifiera emissioner (utsläpp) från inputs (resurser), som exempelvis vatten, el, bränsle, livsmedel, bearbetning, transporter (SLU, 2022). Inventeringsanalysen är den mest tidskrävande processen eftersom indata har en stor inverkan på slutresultatet och för att få en tydlig bild av systemet kan inte data inhämtas på måfå. Data hämtas från databaser (t.ex. Ecoinvent, NTMCalc), rapporter, vetenskapliga artiklar och kvalificerade uppskattningar *o.s.v.* (*ibid.*).

En LCIA beskriver potentiell påverkan för olika miljöpåverkanskategorier, utifrån den utsläppsmängden som varje input från LCI orsakar, samt hur mycket inputs som används (SLU, 2022). För att få fram en LCIA multipliceras data från LCI med en karaktäriseringsfaktor (växthusgasernas värden beroende på livslängd och styrka i ett tidsperspektiv). Oftast används GWP_{100} , *d.v.s.* växthusgasutsläpp över 100 år, men det går även att studera GWP under ett tidsintervall på 20 och 500 år (*ibid.*). Europeiska Kommissionen (2010) beskriver att i en LCIA kan en normalisering och viktning därpå utföras för att stödja tolkningen av analysen. En normalisering handlar om att resultatet från karaktäriseringen jämförs med andra värden, exempelvis efter de planetära gränserna. I en viktning ska miljöpåverkanskategorierna värderas och vägas samman.



Figur 1. Samtliga steg i en LCA.

Ekvall (2020) beskriver olika tillvägagångssätt att utföra en LCA, genom att antingen utföra en ALCA eller en CLCA. En ALCA studerar hur stor andel av den globala miljöpåverkan som kan tillskrivas en produkt, genom att använda medeldata och allokering (*ibid.*). Genom att utföra en ALCA går det att studera miljöpåverkan av en produkt X jämfört med en produkt Y (Plevin, *et al.*, 2014). Medeldata kan erhållas genom att beräkna medelvärdet av exempelvis all förekommande elproduktion på en given marknad (Ekvall, 2020). Allokering fördelar miljöbelastningar av en process, genom exempelvis att subtrahera processens biprodukter eller avfall från den totala miljöpåverkan (SLU, 2022). En CLCA, å andra sidan, studerar i stället hur produktionen och användningen av en produkt påverkar den globala miljöpåverkan, genom att utreda konsekvenser av denna förändring inför framtiden i ett framtidsscenario (Ekvall, 2020). I en CLCA används marginaldata, exempelvis den elproduktion som påverkas av en förändring i efterfrågan på el. Systemexpansion används i en CLCA där ytterligare en LCA utförs på systemets biprodukt, som därefter subtraherar det resultatet från hela systemet (*ibid.*).

dLUC är den markanvändning som ingår i en LCA-studies systemgräns för att producera en viss råvara (IEA Bioenergy, 2009). dLUC innebär att marken får en ny användning, exempelvis att skogsmark omvandlas till åkermark. iLUC, i sin tur, uppkommer utanför systemgränsen när det uppstår en ökad efterfrågan på produkten eller tjänsten som studeras. Livsmedelsproduktion är en vanlig orsak till iLUC, men är också svåra att identifiera eftersom det är otydligt exakt vilken mark som har påverkats på grund av ökad produktion av råvaror (*ibid.*).

Azhar, *et al.*, 2021 menar att iLUC kan uppstå när ett land börjar odla nya grödor och flyttar produktionen av tidigare odlade grödor till ett annat land. Det kan resultera i nedhuggning av skog i värdefulla ekoregioner där utslaget av arter har en större effekt jämfört med svenska förhållanden.

2.2 Quinoans användningsområde

Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) är en tvåhjärtbladig, årlig örtväxt som tillhör familjen Amaranthaceae, och odlas som en spannmålsgröda (Bazile, *et al.*, 2016). Quinoa motsvarar andra konventionella spannmål (ris, korn, vete *o.s.v.*) men med ett högre proteininnehåll som dessutom innehåller samtliga essentiella aminosyror och fettsyror. Quinoa har högre

koncentrationer av mineraler och vitamin E, C, B2, B6 och folsyra jämfört med konventionella spannmål (De Bock, *et al.*, 2021). Quinoa kan även användas i sallader, frukost, soppor, växtdrycker eller öl, och kan malas till mjöl för att tillverka pasta, bröd, kex och pannkakor. Quinoa är dessutom naturligt fritt från gluten och går därför att konsumeras av personer med celiaki (Cancino-Espinoza, *et al.*, 2018).

2.3 Historisk utveckling av quinoa

I Anderna i Sydamerika har quinoa förädlats och odlats i mer än 5 000 år (De Bock, *et al.*, 2021) i de ursprungliga odlingsområdena i södra Altiplano i Bolivia och Puno-regionen i Peru, nära Titicacasjön (mellan 3650 och 4200 m.ö.h) (Bazile, *et al.*, 2016). Quinoa har varit huvudföda för ursprungsfolket Inka i Peru, Bolivia och Ecuador i århundranden (Bazile, *et al.*, 2016; Cancino-Espinoza, *et al.*, 2018). Idag omfattar Andernas huvudsakliga produktionsområden bergstoppar, dalar och andra zoner på låg höjd, samt Sydamerikas torraste områden (Bazile, *et al.*, 2016).

Innan 1970-talet var quinoa en relativt outforskad livsmedelsvara utanför Sydamerikas gränser (Cancino-Espinoza, *et al.*, 2018). Quinoans utmärkande närings- och hälsoegenskaper gav upphov till ett intresse från europeiskt håll att etablera en europeisk quinoaproduktion (Bazile, *et al.*, 2016). Genom ett EU-projekt 1993 startades fältforskning om quinoa i flera europeiska länder för att undersöka möjligheterna med en global quinoaodling. Vidare genomfördes fältförsök i Sverige 1997 genom detta EU-projekt. Forskningen kring quinoa syftade till att undersöka dess anpassning till europeiska odlingsförhållanden och möjligheterna att förbättra quinoans genetiska egenskaper och dess fenotypiska plasticitet (organismers förmåga, trots samma gener, att utveckla olika egenskaper utifrån de yttre miljöförhållanden de utsätts för) (*ibid.*), samt potentialen med en utveckla tidig mognad, hög avkastning och låg saponinkoncentration (Cancino-Espinoza, *et al.*, 2018). Nordisk Råvaras försöksodling av quinoa skedde för första gången 2014, varav första året för försäljning var 2016 (Erlandsson, *pers. medd.*, 2023).

'Quinoa Project' är ett projekt av Bio4Energy med svenska och bolivianska forskare som studerar huruvida quinoarester (quinoastjälkar) kan användas i bioraffinaderi eftersom den storskaliga quinoaproduktionen återlämnar en stor mängd jordbruksavfall (Ström, 2022). Detta eftersom odlingen i Sydamerika är intensiv, och därmed utarmar och förorenar jorden genom att odlingen skapar monokulturer och kräver petroleumbaserade gödselmedel (*ibid.*).

2.4 Odling av quinoa i Sverige och Europa

Odling av quinoa kräver ett pH-värde på 6–8,5, en temperatur kring 7–8 °C samt en väl-dränerad jord så att fröet inte dränks innan groningen vilket motsvarar de odlingsförhållanden som krävs i Peru (Wahlström, *et al.*, 2018). Den önskade medeltemperaturen för tillväxt i nordvästra Europa är 15–20 °C, men quinoa tolererar även temperaturer från 10 till 25 °C och erhåller dessutom en tolerans gentemot frost vid temperaturer ned till -4 °C (Bazile, *et al.*, 2016). I Sverige sås quinoa mellan april och maj med 3 cm såddjup för att sedan skördas i augusti eller september (Wahlström, *et al.*, 2018).

De Bock, *et al.* (2021) har studerat etableringen av 13 quinoasorter i nordvästra Europa. Quinoasorterna Titicaca och Vikinga framhölls som mest lämpade utifrån experiment i nordliga Europa under 2017 till 2019 (*ibid.*), vilka odlas i Sverige genom Nordisk Råvara.

Enligt Bertero (2001) kan quinoa odlas på nya breddgrader genom att anpassa dess känslighet för förändringar i ljusmängd under dygnet. Wahlström, *et al.* (2018) hänvisar till quinoaodlaren David Appelgren som hävdar att under svenska förhållanden krävs en dygnsneutral quinoasort som tolererar Sveriges kontrasterande årstider med dess variation av dagsljus. Detta för att inte riskera att quinoa går i blom för sent. För att förädla denna önskvärda egenskap av dygnsneutralitet har quinoaodlaren vid blomning kontinuerligt selekterat ut den tidigaste blommande sorten så att den därmed går i blom vid optimal tidpunkt i enighet med svenska ljusförhållanden.

Det finns en stor potential att utöka den ekologiska odlingen av inhemska quinoa, eftersom skadegörarna är få (Varma, 2021). Quinoans fröskal innehåller saponiner som ger ett naturligt försvar mot djur och fåglar som avskräcks av saponinernas bittra smak (*ibid.*).

Dock finns problem med inhemska quinoaodling såsom ogräshantering eftersom quinoa är nära besläktad med andra ogräsarter inom mållasläktet (Wahlström, *et al.*, 2018). För närvarande saknas bekämpningsmedel på marknaden, och bekämpningen sker mekaniskt genom radhackning eftersom plantans grodd är känslig för ogräsharvning (Timmer, 2014). Ogräs kan dock i radhackningen växa i raderna som således kräver tidskrävande och dyr manuell borttagning. Dessutom kan quinoa även utsättas för svampsjukdomar vilket gör valet av quinoasort viktig som inte är mottaglig för svamp. Mellan sorter finns en skillnad i resistens mot bladsjukdomar, särskilt dunmögel. Sortförsök under lokala förhållanden möjliggör att fastställa denna skillnad och ta hänsyn till den vid val av sort (*ibid.*).

2.5 Odling av quinoa i Sydamerika

Optimal odling av quinoa sker främst i en väl-dränerad sandig lerjord eller lerjord med ett pH-värde på 5,5–8,5 (Cancino-Espinoza, *et al.*, 2018; Varma, 2021). Temperaturen är mest optimal vid 8–15 °C (*ibid.*). I Anderna sker sådden främst mellan september och november, för att därefter odlas under dess sommarmånader under september till maj (Varma, 2021).

Skillnaderna mellan de peruanska och europeiska sorternas så- och odlingsdatum beror på klimatfaktorer, placering, sort och ytterligare agronomiska förvaltningsaspekter (Varma, 2021).

Quinoa klarar abiotiska påfrestningar under odling så som frost, hög salthalt och torka (De Bock, *et al.*, 2019; Varma, 2021; Bazile, *et al.*, 2016; Gamboa, *et al.*, 2020).

3. Material och metod

Metoden som användes var en LCA, utifrån ILCD-handboken utvecklad av Europeiska kommissionen (2010). LCA används ofta för att utvärdera hållbarhet för jordbruksprodukter, där resultaten kan vägleda beslutsfattare i miljöfrågor. LCA för livsmedel är därför ett effektivt bedömningsverktyg som kan kvantifiera och analysera en potentiell miljöpåverkan under hela livsmedlets livscykel (ibid.). Eftersom denna studie inte jämför dagens quinoaproduktion med ett framtida system, utfördes en ALCA (se avsnitt 2.1).

För modellering av systemet användes databasen NTMCalc Advanced 4.0, samt material och antaganden från vetenskapliga rapporter och artiklar. För beräkning av miljöpåverkan användes Microsoft Excel. Underlaget för att beräkna energianvändning och utsläpp av växthusgaser utgick från såväl primära som sekundära källor.

I efterföljande kapitel presenteras omfattning och avgränsning av LCA-studien (kapitel 4) samt inventeringsanalys (kapitel 5) som en fördjupad del av material och metod-kapitlet. I kapitel 4.4 ges argument med detaljer kring val av miljöpåverkanskategorier.

3.1 Odling

I denna studie har odlingens påverkan på klimat och biologisk mångfald studerats. För odling i Sverige användes sekundära uppgifter från en LCA på svensk ekologisk quinoa som gjordes på uppdrag av Nordisk Råvara och utfördes av forskningsinstitutet RISE (Erlandsson, *pers. medd.*, 2023). RISE har beräknat växthusgasutsläppen utifrån IPCC 2013 GWP100 med feedbackloops, för att fånga indirekta effekter (Erlandsson, *pers. medd.*, 2023). För odling av ekologisk och konventionell quinoa från Sydamerika användes uppgifter av Gamboa, *et al.* (2020) respektive Cancino-Espinoza, *et al.* (2018). Även Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) och Gamboa, *et al.* (2020) har använt beräkningsmetoden från IPCC för att beräkna klimatpåverkan.

För att kvantifiera den potentiella påverkan på biologisk mångfald användes en biodiversitetsbedömning baserad på Chaudhary, *et al.* (2018), där avkastningen från respektive odlingsområde multipliceras med ett biodiversitetsvärde för att få fram PDF per FE. Detta gjordes i Microsoft Excel.

Det är svårt att kvantifiera förlust av biologisk mångfald, och därför har Chaudhary, *et al.* (2018) utvecklad en metod baserat på SAR-modellen som bedömer relationen mellan art och area. Karaktäriseringsfaktorer kan projicera potentiella artförluster av fem taxa (däggdjur, fåglar, groddjur, reptiler och växter) orsakat av fem typer av markanvändning (skötta skogar, plantager, betesmarker, odlingsmark och tätorter) vid tre olika intensitetsnivåer (minimal, lätt och intensiv markanvändning) i ett spann av 804 terrestra ekoregioner och 14 biom. En ekoregion kan beskrivas som ett stort område på land och/eller i vatten, som har en geografisk välavgränsad sammansättning av arter, ekologiska processer och miljöförhållanden *o.s.v.* (Ahlgren, *et al.*, 2022). För att identifiera respektive ekoregion har plattformen Ekoregions (2017) använts, som delar in världskartan i olika biom och ekoregioner. Vidare har Chaudhary, *et al.* (2018) använt de senaste globala kartorna över markanvändningsintensitet och ett habitatklassificeringssystem för att parametrisera SAR-modellen.

3.2 Transport

För att undersöka transporters klimatpåverkan och primärenergianvändning har primärdata erhållits via mail- och telefonkontakt med företagen Nordisk Råvara, Axfood och Saltå Kvarn. Därefter har transporterna modellerats i databasen NTMCalc Advanced 4.0 som redovisar färdiga data för klimatpåverkan och primärenergianvändning. Slutligen beräknades samtliga transporterna i Microsoft Excel.

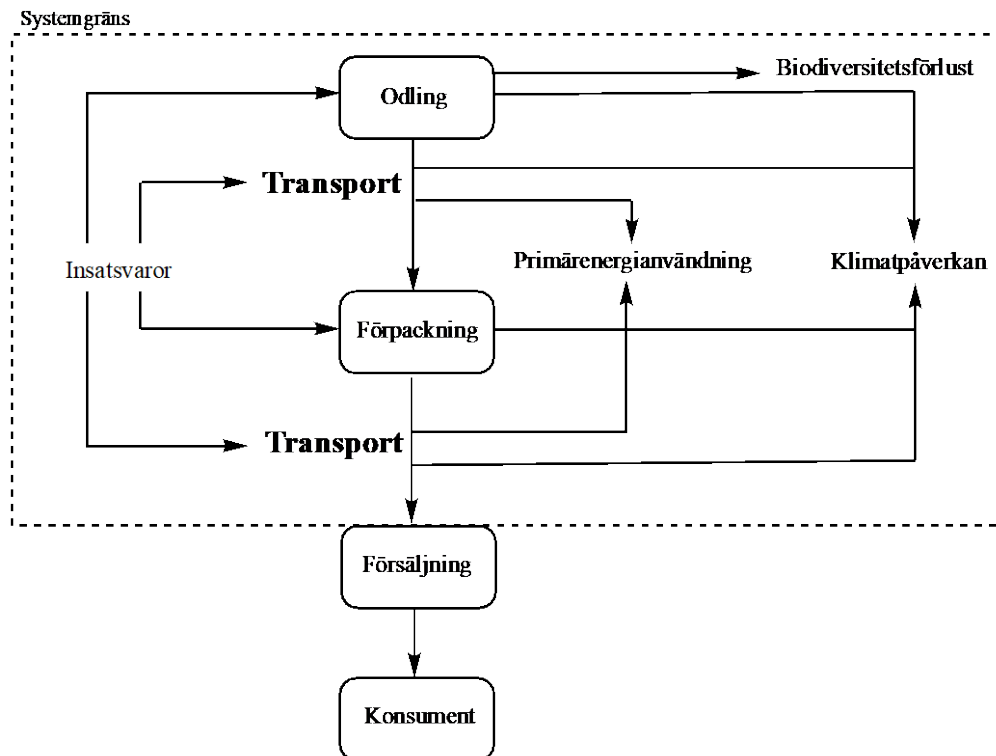
3.3 Förpackning

Förpackningens klimatpåverkan och primärenergianvändning har undersökts genom sekundärdata hämtad från databasen Ecoinvent version 3.9.1 om plast, samt BillerudKorsnäs Environmental Product Declaration om kartong (se tabell 13 i bilaga 2). Därpå beräknades förpackningens miljöpåverkan i Microsoft Excel.

4. Omfattning och avgränsning av LCA-studien

4.1 Systembeskrivning

Figur 2 påvisar studiens förenklade flödesschema, där den streckade linjen markerar studiens systemgräns. Flöden följs från ”vagga till grind” – från odling till livsmedelsbutik i Uppsala. Därmed studerades inte miljöpåverkan från konsumentanvändning och återvinning. Ingen allokering behövdes göra.



Figur 2. Beskrivning av studiens systemgränser.

För att erhålla en översiktlig bild över quinoans transportsträckor, både från importerad och inhemsk quinoa, har denna studie valt att i resultatet redovisa klimatpåverkan och primärenergianvändning från en genomsnittlig transportsträcka, *d.v.s.* ett medelvärde från samtliga delrutur. Därmed används medeldata som är vanligt att använda i en ALCA.

4.2 Systemgränser

I studien har jag undersökt miljöpåverkan från odling, förpackning och transport. Uppsala har valts ut som slutdestination för att erhålla en gemensam slutpunkt för att således göra transporter jämförbara med varandra.

Gamboa, *et al.* (2020) har exkluderat transporter till Lima i sitt resultat, och jag har följaktligen exkluderat den transporten i det resultatet som Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) har erhållits.

Chaudhary, *et al.* (2018) antar att ekologiska jordbruk utgör en lätt markanvändning (cropland-light use) och att konventionellt jordbruk utgör en intensiv markanvändning (cropland-intensive use), samt plockat data från ”occupation”, och därför har denna studie antagit detsamma för SAR-modellen.

Cancino-Espinoza, *et al.* (2018), Gamboa, *et al.* (2020) och RISE har inte presenterat primärenergianvändning, och inte redovisat de datasets som användes under respektive odlingskedja. Mina antaganden om sydamerikansk odling ansågs vara för osäkra att inkludera i resultatet, och därför uteslöts odlingens primärenergianvändning i studien. Förpackningarnas primärenergianvändning ansågs vara försumbara.

Den importerade ekologiska quinoan antas odlas i Challapata, varav den konventionella antas odlas i Junín. Eftersom Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) har studerat ekologisk quinoa i Ayacucho och Huancavelica har även dessa ekoregioner inkluderats i resultatet.

Eftersom Gotlandsgården är den enda producenten som fraktar quinoa med båt (en sträcka på 118 km), har den genomsnittliga transporten för inhemsk quinoa förenklats till att endast inkludera lastbilstransporter.

4.3 Funktionell enhet

Som beräkningsbas för studien och för att kunna göra två varor med samma funktion jämförbara valdes FE ut till ”500 g förpackad vara” för inhemsk respektive importerad quinoa. Detta eftersom både inhemsk quinoa från Nordisk Råvara och importerad quinoa från Axfood och Saltå Kvarn förpackas i en sådan förpackningsstorlek. Med förpackad vara menas ett quinoainnehåll på 500 g samt plasten eller kartongen som omger quinoan.

4.4 Miljöpåverkanskategorier

Studien ska undersöka tre miljöpåverkanskategorier – klimatpåverkan, primärenergi och biologisk mångfald.

Klimatpåverkan är mängden växthusgasutsläpp från respektive vara. Detta är viktigt att inkludera eftersom en tredjedel av de globala växthusutsläppen är förknippat med människans livsmedelskonsumtion (UN, u.å.). Den ökade globala uppvärmningen förstör framför allt viktiga ekosystemtjänster. Som nämnt tidigare, Parisöverenskommelsen som syftar till att begränsa den globala uppvärmningen till under 2 °C, kräver stora förändringar inom livsmedelssystemet (Willett, *et al.*, 2019).

Inom LCA används primärenergi, vanligen uttryckt i MJ/kg, för att kvantifiera och bedöma energipåverkan av en produkt eller tjänst (Europeiska kommissionen, 2010). Enligt Ritchie (2021) är endast 18 % av världens primärenergi från förnybara energikällor, samt kärnkraft. Genom att minska andelen primärenergi i en varus livscykel går det att minska klimatpåverkan. Det som bedöms är därmed direkt energi vid produktion av produktionen samt indirekt energi för att framställa de ingående materialen och komponenterna. Under quinoans livscykel krävs bland annat energi för produktion av insatsvaror, för fältarbeten och tröskning, samt för transporter.

Förlust av biologisk mångfald är ofta en undervärderad aspekt trots dess erhållande av livsnödvändiga funktioner av ekosystemtjänster (IDFC, 2022). Planetens ekosystemtjänster

tillhandahåller tjänster, däribland mat, genetisk mångfald, medicinska växter för tillverkning av läkemedel, samt reglertjänster för klimat, rening av vatten och pollinering, samt stödtjänster för vatten- och näringskretslopp och fotosyntes (Levente Hufnagel, *et al.*, 2018). Utöver detta ger ekosystemtjänster också ett kulturellt värde i form av estetiska värden, friluftsliv och turism (*ibid.*). De flesta vegetabiliska livsmedel har fått sin näringskvalitet, skydd och smak från evolutionära interaktioner mellan arter som således hotas vid förlust av biologisk mångfald. (Willett, *et al.*, 2019).

5. Inventeringsanalys

5.1 Svensk quinoa

5.1.1 Odling

Det svenska företaget Nordisk Råvara säljer svenskodlad, ekologisk quinoa i Sverige (Erlandsson, *pers. medd.*, 2023). För närvarande (2023) finns quinoaodling i nordöstra Skåne, västra Götaland, och Gotland. Skörden sker vid 13 % vattenhalt och kalkning görs vart 10:e år med 1 500 kg/ha (Erlandsson, *pers. medd.*, 2023). Vidare sker torkningen med kallluft alternativt kallluft med tillsatsvärme, och odlingen gödslas med 80 kg kväve från svinflytgödsel per hektar.

5.1.2 Biodiversitetsbedömning

Gården i Skåne ligger i ekoregionen ”Baltic mixed forests”. Gotlandsgården och Västgötagården ligger i ekoregionen ”Sarmatic mixed forests”. Genomsnittlig avkastning är 1 500 kg/ha (Erlandsson, *pers. medd.*, 2023). Dessa nämnda ekoregioner och avkastningsvärden förtydligas i tabell 1.

Tabell 1. Ekoregioner för inhemsk quinoa, samt dess avkastning

| Område | Avkastning (kg/ha) | Ekoregion |
|-----------------|--------------------|------------------------|
| Skåne | 1 500 | Baltic mixed forests |
| Västra Götaland | 1 500 | Baltic mixed forests |
| Gotland | 1 500 | Sarmatic mixed forests |

5.1.3 Transport

Nuvarande inblandning av biodiesel i dagens diesel är ca 30 %. I NTMCalc går det att modellera sådan diesel, d.v.s. Diesel B7 – SWE som innehåller 76 % diesel B0 (fossilbaserad diesel), 5,5 % RME (förestrad rapsolja) och 18,5 % HVO (hydrerad vegetabilisk olja) (NTMCalc, 2022).

Lastbilsvikt antas vara 14–20 ton (rigid truck 14–20 t) för sträckor genom Stockholm, baserat på Sundin (2020), och därför antas även korta sträckor ha denna transportvikt. För längre sträckor antas en lastbilsvikt på 40–50 ton (truck with trailer 40–50 t) (*ibid.*). För dessa vägtransporter antogs en lastfaktor på 50 %.

Tabell 2. Rutter, vägpunkter och transportsträcka för inhemsk quinoa

| Rutt | Sträcka (km) |
|---|--------------|
| Skånegården – Hova – Götene – Uppsala | 737 |
| Västgötagården – Hova – Götene – Uppsala | 388 |
| Gotlandsgården – Visby – Oskarshamn – Hova – Götene – Uppsala | 807 |

Transporten för inhemsk quinoa inleds i respektive odlingsområde (Skånegården, Västgötagården och Gotlandsgården). Transport sker dels med lastbil och släp i bulk från Skånegården och Västgötagården, dels med båt från Gotlandsgården. Enligt Sundin (2015) sker transporten med en färja från Visby till Oskarshamn. På NTMCalc Advanced 4.0 modellerades

sträckan med ett Ro-Ro fartyg och en vikt på 2 840 dwt (Gotlandsbåtar, 2021). Nordisk Råvaras nuvarande rensanläggning i Kristianstad planeras att byta ut till en helt ny rensanläggning i Hova. Därför beräknar denna studie att rensanläggningen ligger i Hova. Från Hova transporteras quinoan vidare i säck med pall till ompackning i centrallagret i Götene utanför Lidköping. Därpå transporteras quinoan från Götene till slutdestinationen Uppsala. Figur 10 tydliggör delsträckorna och dess längd, transportmedel och bränsle (se bilaga 1A).

Tabell 2 redovisar samtliga rutter, vägpunkter och längd på sträcka, från respektive odlingsområde, till rensanläggning i Hova till centrallagret i Götene och slutligen till Uppsala för försäljning.

5.1.4 Förpackning

Data för plastförpackning för inhemsk quinoa togs från Plastics Europe (Ecoinvent version 3.9.1). En tom plastförpackning vägdes för att därpå beräkna hur mycket den vikten (11 g) bidrar till klimatpåverkan och primärenergianvändning. 1 kg plastförpackning genererar 1,89 kg CO₂eq.

5.2 Importerad quinoa

5.2.1 Odling av ekologisk quinoa

För ekologisk odling hämtades data från en LCA baserad på 13 quinoaproducenters ekologiska odlingar under 2015 och 2016 i Huancavelica och Ayacucho, Peru (Cancino-Espinoza, *et al.*, 2018). Quinoaodlingen i Challapata där Saltå Kvarn odlar ekologisk quinoa, antas ha samma klimatpåverkan från de ekologiska odlingarna i Huancavelica och Ayacucho, Peru.

Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) erhöll data från de undersökta gårdarna med uppgifter om avkastning, maskin användning med bränsleförbrukning, applicering av gödningsmedel och växtskyddsmedel per hektar och utsädesmängd. Dessutom har torkning, tröskning och rengöring inkluderats. Samtliga quinoaproducenter använde tröskmaskiner, men endast 85 % använde traktorer.

De bekämpningsmedel som användes, fungiciden Serenade ASO (Bayer, 2017) och insekticiden Xentari WDG (CABI, 2021), är tillåtna att använda i ekologisk och KRAV-certifierad odling.

Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) redovisar att 58 % av den totala klimatpåverkan består av utsläpp av gödselmedel, följt av gödselproduktion med 12,6 %. Ekologisk quinoa i deras studie gödslas med Guano de Isla (spillning, exkrement och avfall från sjöfåglar) och Guano de Corral (gödsel från nötkreatur).

5.2.2 Odling av konventionell quinoa

För konventionell odling hämtades primärdata in från 367 småbönder i Junín, Peru i en LCA utförd av Gamboa, *et al.* (2020). Axfood (Axfood Konsumentkontakt, *pers. medd.*, 2023) har inte beskrivit var deras konventionella quinoaodling är placerad och därför har denna studie antagit att odlingen är belägen i Junín, Peru baserat på Gamboa, *et al.* (2020).

Gamboa, *et al.* (2020) erhöill motsvarande data som Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) om maskiner, gödsel och skadedjursbekämpning. 93 % av quinoaproducenterna använde traktorer, varav 66 % använde tröskmaskiner. Fungicider och insekticider användes. Gamboa, *et al.* (2020) menade att näringsbehovet för quinoa är 80–60–40 kg NPK per hektar, men att mineralgödseln som konventionella bönder använder i genomsnitt är 121–93–81 kg NPK. De mest betydande utsläppen var gödselproduktionen (58 %) och gödselanvändningen (29 %) (*ibid.*).

5.2.3 Biodiversitetsbedömning

Challapata, Bolivia befinner sig i ekoregionen ”Bolivian montane dry forests”. Saltå Kvarn (Hasselbom, *pers. medd.*, 2023) anger att deras ekologiska quinoa odlas i Challapata, Bolivia, i de andiska högländerna vid Altiplano, där avkastningen är mellan 500 och 1 000 kg/ha (Cárdenas-Castillo *et al.*, 2021).

Huancavelica och Junín, Peru befinner sig i ekoregionen ”Central Andean wet puna”. Ayacucho, Peru ligger i ekoregionen ”Peruvian Yungas”. Enligt Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) är den ekologiska quinoans avkastning 1 719 kg/ha i Huancavelica (ekoregion ”Central Andean wet puna”) respektive 1 192 kg/ha Ayacucho (ekoregion ”Peruvian Yungas”).

Den konventionella quinoans avkastning i Junín är 1 950 kg/ha i Junín (Gamboa, *et al.*, 2020). Dessa nämnda ekoregioner och avkastningsvärden förtydligas i tabell 3.

Tabell 3. Ekoregioner för importerad quinoa, samt dess avkastning

| Område | Avkastning (kg/ha) | Referens | Ekoregion |
|---------------------|--------------------|--|------------------------------|
| Challapata, Bolivia | 750 | Hasselbom, <i>pers. medd.</i> (2023) | Bolivian montane dry forests |
| Huancavelica, Peru | 1 719 | Cancino-Espinoza, <i>et al.</i> (2018) | Central Andean wet puna |
| Ayacucho, Peru | 1 192 | Cancino-Espinoza, <i>et al.</i> (2018) | Peruvian Yungas |
| Junín, Peru | 1 950 | Gamboa, <i>et al.</i> (2020) | Central Andean wet puna |

5.2.4 Transport

Peru har en hög dieselförbrukning, där gods stod för 38 % av dieselförbrukningen år 2016 (Changing Transport, u.å.). Troligen gäller detsamma för Bolivia. INTMCalc har därför diesel B0 – EU valts som bränslestandard eftersom detta bränsle är fossilbaserat utan biodrivmedel tillsatt.

EU har en lägre inblandning av biodrivmedel jämfört med Sverige (Trafa, 2022). Därför antar studien att transporter inom EU drivs med diesel med en lägre inblandning av biodrivmedel än svensk diesel. Således har diesel B7 – EU valts ut som bränslestandard, som innehåller 92,3 % diesel B0, 7 % RME och 0,7 % HVO (NTMCalc, 2022).

För vägtransporter antogs en lastfaktor på 50 %. För sjötransporter med containerfartyg antogs en lastfaktor på 70 %.

Tabell 4. Rutter, vägpunkter och transportsträcka för importerad quinoa

| Rutt | Sträcka (km) |
|--|--------------|
| Challapata – Callao – Hamburg – Rostock – Trelleborg – Malmö – Järna – Uppsala | 15 864 |
| Challapata – Callao – Rotterdam – Malmö – Järna – Uppsala | 15 850 |
| Junín – Callao – Rotterdam – Rostock – Trelleborg – Bålsta – Uppsala | 14 303 |
| Junín – Callao – Salerno – Rostock – Trelleborg – Bålsta – Uppsala | 15 725 |

Ekologisk quinoa

Kontaktansvarig på företaget Saltå Kvarn (Hasselbom, *pers. medd.*, 2023) menar att deras ekologiska quinoa ”Saltå Kvarn Quinoa” odlas i Bolivia, för att transporteras 1 810 km med lastbil. Utifrån avståndet är det troligt att odlingen sker i Challapata, Bolivia, eftersom Mercadero (2013) menar att Challapata är en viktig quinoaproducerande region.

Därpå fortsätter frakten med fartyg från Peru, troligen hamnen i Callao, vilket Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) antar. Frakt sker både till Hamburg, Tyskland (12 977 km) och Rotterdam, Nederländerna (12 473 km). Peru skeppar en stor andel av sitt gods via Panamakanalen (Canal de Panamá, 2022), och vilket även är trolig sträcka för quinoa utifrån avståndet enligt Saltå Kvarn (Hasselbom, *pers. medd.*, 2023). Vidare färdas fartyget mellan Dominikanska Republiken och Puerto Rico. Därpå åker fartyget över Atlanten för att slutligen nå Hamburg, Tyskland alternativt Rotterdam, Nederländerna.

Från Hamburg antas transporten ske längs Lübeck till hamnen i Rostock, för att därpå färdas med färja till Trelleborg. Detta eftersom Sundin (2020) menar att transport via hamnen i Rostock är en typisk rutt från Italien till Sverige, och därför har denna studie utgått ifrån att samtliga transporter från utanför Sverige sker via Rostock. På NTMCalc Advanced 4.0 modellerades sträckan med ett Ro-Ro fartyg och en vikt på 10 921 dwt (TT-line, u.å.). Från Trelleborg transporteras lasten vidare till Malmö för omlastning. Därpå sker frakt från Malmö till Saltå Kvarns centrallager i Järna, för att slutligen fraktas till Uppsala.

Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) använde en lastbilslast på 16–32 ton för sydamerikanska transporter och därför antar denna studie en genomsnittlig lastbilslast på 20–28 ton (truck with trailer 20–28 t).

Sundin (2020) menar att fartyg från Nordamerika till Europa väger drygt 40 000 dwt och således görs antagandet att även fartyg från Sydamerika har motsvarande storlek. Från båda hamnterminaler (Hamburg och Rotterdam) antas lastbilsvikten vara 24–24,5 ton, för att undvika att överskrida den allmänna europeiska gränsen för lastbilars bruttovikt på 40–46 ton enligt direktiv 96/53/EG och direktiv (EU) 2015/719 för lastbilskörning på europeiska vägar (Sundin, 2020). Därför antas en genomsnittlig lastbilslast på 20–28 ton. Vid inträde i Sverige antas samma förutsättningar i bränsle och lastbilsvikt som för inhemsk quinoa.

Konventionell quinoa

Kontaktansvarig på koncernen Axfood (Axfood Konsumentkontakt, 2023) anger att transportvägen för deras konventionella vara ”Garant Quinoa Tricolore” inleds i Peru. Däremot inleds transporten från ett odlingsområde, vilket denna studie antar vara i Junín, Peru, där Gamboa, *et al.* (2020) menar att konventionell quinoaodling bedrivs. Därefter menar kontaktansvarige på Axfood att quinoan packas i Nederländerna (450 g förpackningar) och Italien (500 g förpackningar), och att vidare fraktas quinoan med lastbil till Axfoods lager i Göteborg, Bålsta eller Jordbro. I denna studie antas frakten anlända i Bålsta eftersom Bålsta är

närmre slutdestinationen Uppsala. I Italien antas quinoan anlända i hamnen i Salerno eftersom Sundin (2020) menar att kidneybönor från USA anländer i hamnen i Salerno.

Quinoa fraktas från Callao med fartyg till antingen Rotterdam, Nederländerna (12 473 km) eller Italien, Salerno (12 633 km) med 40 000 dwt, där den sistnämnda passerar Gibraltarsund till Medelhavet.

Tabell 4 redovisar samtliga rutter, vägpunkter och längd på sträcka för både Saltå Kvarns och Axfoods quinoa, från odlingsområde, till hamnen i Callao, till respektive hamnterminal (Hamburg, Rotterdam och Salerno), till omlastning, till centrallager i Sverige och slutligen till Uppsala för försäljning. Tabell 8 tydliggör delsträckorna och dess längd, transportmedel och bränsle (se bilaga 1A).

5.2.5 Förpackning

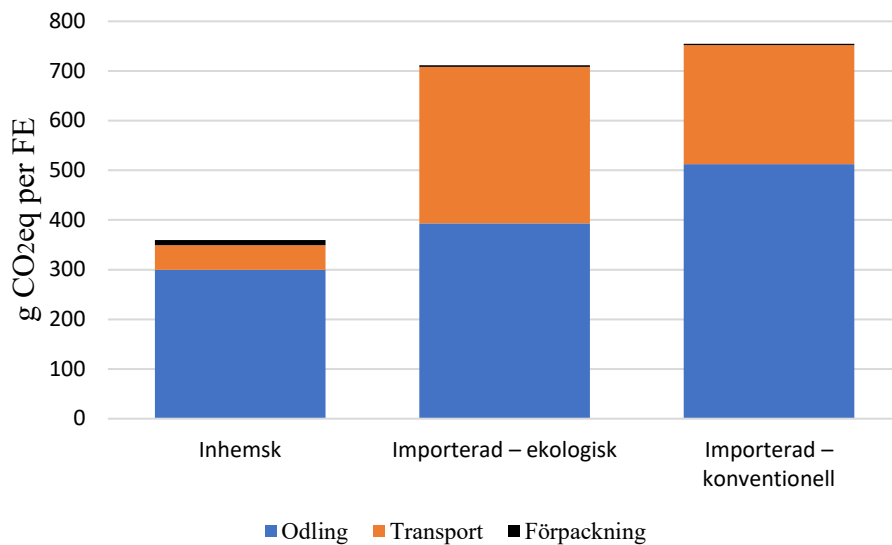
Data om kartongförpackning togs från en svensk pappersproducent (BillerudKorsnäs). En tom pappersförpackning vägdes för att därpå omvandla den vikten (19 g) bidrar till klimatpåverkan och primärenergianvändning. 1 kg pappersförpackning genererar 0,32 kg CO₂eq (exkluderat downstream, eftersom studiens systemgränser exkluderar återvinning).

6. Resultat

6.1 Klimatpåverkan för odling, transport och förpackning

För inhemsk quinoa är klimatpåverkan totalt 360 g CO₂eq per FE, där importerad ekologisk och konventionell quinoa har en högre klimatpåverkan på 711 respektive 755 g CO₂eq per FE (se figur 3 och tabell 5).

Av den totala klimatpåverkan hos inhemsk quinoa utgör odling 83 %, transport 14 %, och förpackning 3 %. Därför är odlingsfasen en betydande ”hot-spot” för den inhemska quinoan. Av den totala klimatpåverkan hos importerad ekologisk quinoa utgör odling 55 %, transport 44 %, och förpackning 0,4 %. Slutligen, av den totala klimatpåverkan hos importerad konventionell quinoa utgör odling 68 %, transport 31 %, och förpackning 0,4 %.



Figur 3. Klimatpåverkan för odling, transport och förpackning.

Odling

Importerad ekologisk quinoa (från genomsnittlig hamn i Europa) släpper ut 393 g CO₂eq per FE (Cancino-Espinoza, *et al.*, 2018). Importerad konventionell quinoa (från genomsnittlig hamn i Europa) släpper ut 512 g CO₂eq per FE (Gamboa, *et al.*, 2020). För inhemsk quinoa ligger klimatpåverkan på 300 g CO₂eq per FE.

Transport

Importerad ekologisk quinoa från Challapata, via genomsnittlig hamn (Hamburg eller Rotterdam), till Uppsala släpper ut 315 g CO₂eq per FE. Importerad konventionell quinoa från Junín, via genomsnittlig hamn (Rotterdam eller Salerno), till Uppsala ger en klimatpåverkan på 240 g CO₂eq per FE. Inhemsk quinoa, baserat på ett genomsnitt för transporter från Skåne, Västra Götaland och Gotland, släpper ut 50 g CO₂eq per FE. Klimatpåverkan för transporter är beräknad utifrån ett genomsnitt, vilket kan ses i tabell 11 (se bilaga 1B).

Klimatpåverkan från fartygstransporten är 44 % och 58 % för ekologisk respektive konventionell quinoa. För ekologisk quinoa härleds dessutom 39 % av klimatpåverkan till lastbilstransporten i Sydamerika. Dessa transporter är alltså ”hot-spots” för den importerade

quinoan. Därför är det relevant att undersöka förbättringspotentialen i respektive delsträcka för importerad quinoa, vilket kommer göras i en känslighetsanalys.

Förpackning

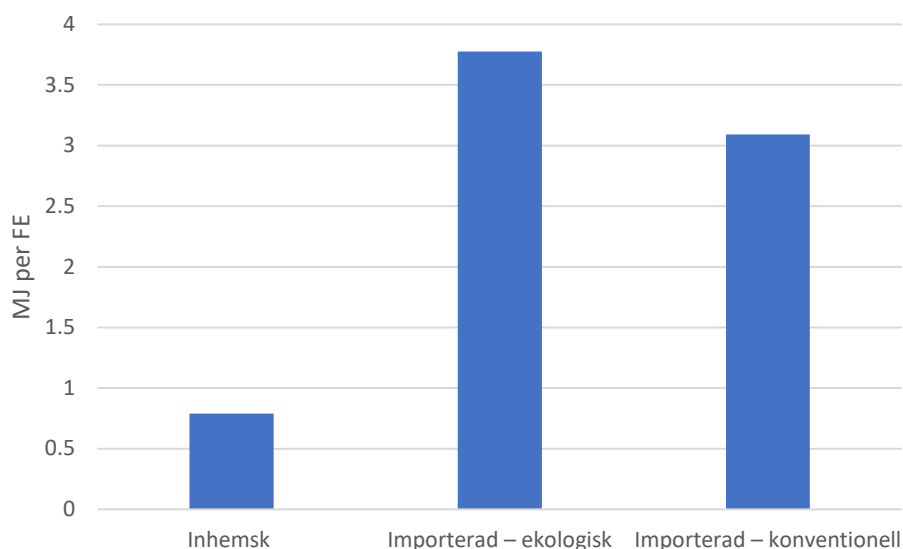
Klimatpåverkan från förpackningar är 3 g CO₂eq per FE för papper, respektive 10 g CO₂eq per FE för plast.

Tabell 5. Klimatpåverkan för odling, transport och förpackning

| | Inhemsk | Import – ekologisk | Import – konventionell |
|------------------------------------|------------|--------------------|------------------------|
| Odling | 300 | 393 | 512 |
| Transport | | | |
| Lastbil (Sydamerika) | - | 123 | 13 |
| Lastbil (EU) | - | 18 | 57 |
| Lastbil (Sverige) | 50 | 28 | 28 |
| Containerfartyg | - | 144 | 145 |
| Totalt | 50 | 315 | 240 |
| Förpackning | | | |
| Plast | 10 | - | - |
| Kartong | - | 3 | 3 |
| Totalt | 10 | 3 | 3 |
| Totalt (g CO₂eq) | 360 | 711 | 755 |

6.2 Primärenergianvändning kopplad till transporter

För importerad ekologisk quinoa från Challapata, via Hamburg eller Rotterdam, till Uppsala är energianvändningen för transporter 3,70 MJ per FE. Importerad konventionell quinoa från Junín, via Rotterdam eller Salerno, till Uppsala förbrukar 3,10 MJ per FE för transportkedjan. Den inhemska quinoans transportkedja förbrukar som ett genomsnitt endast 0,80 MJ per FE från de tre odlingsområdena i Skåne, västra Götaland och Gotland.



Figur 4. Primärenergianvändning för transport.

Av transportkedjans totala primärenergianvändning hos importerad ekologisk quinoa står fartygstransporten för 51 % och lastbilstransporten i Sydamerika för 39 %. Av transportkedjans totala primärenergianvändning hos importerad konventionell quinoa utgör fartygstransporten 61 %, där lastbilstransporten i Sydamerika bara utgör 5 %. Fartygstransporten är en betydande ”hot-spot” för både ekologisk och konventionell quinoa. Hos den ekologiska quinoan kan ytterligare en ”hot-spot” identifieras – den sydamerikanska lastbilstransporten på 1 810 km från odlingsplatsen i Challapata till hamnen i Callao. För konventionell quinoa är motsvarande lastbilstransport från Junín endast 247 km. Därmed har typ av bränsle en betydande roll för primärenergianvändningen. Därför är det relevant att undersöka förbättringspotentialen i att byta ut det sydamerikanska fossilbaserade bränslet till ett bränsle med samma andel biobränsle som det svenska, vilket kommer göras i en känslighetsanalys.

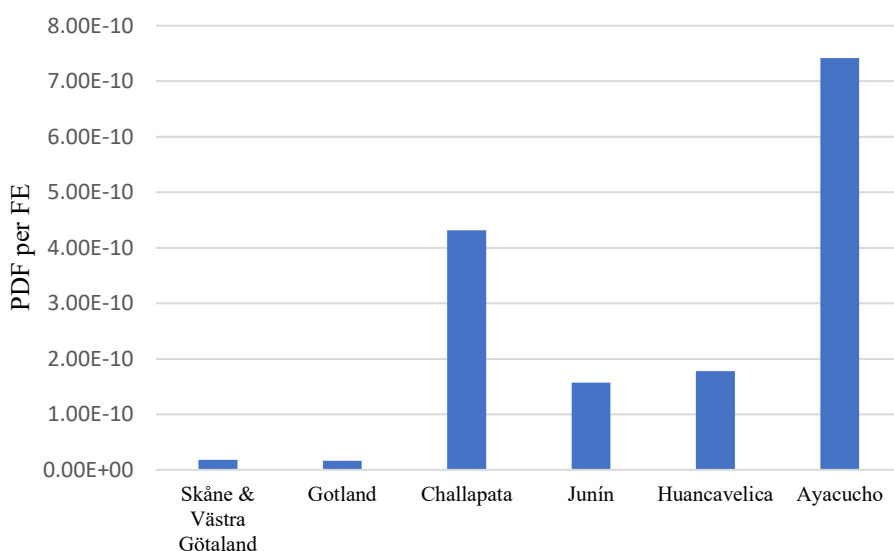
Primärenergianvändningen för transporter är beräknad utifrån ett genomsnitt, vilket kan ses i tabell 11 (se bilaga 1B).

Tabell 6. Primärenergianvändning kopplad till transporter

| | Inhemsk | Import – ekologisk | Import – konventionell |
|----------------------|-------------|--------------------|------------------------|
| Lastbil (Sydamerika) | - | 1,50 | 0,15 |
| Lastbil (EU) | - | 0,20 | 0,70 |
| Lastbil (Sverige) | 0,80 | 0,10 | 0,35 |
| Containerfartyg | - | 1,90 | 1,90 |
| Totalt (MJ) | 0,80 | 3,70 | 3,10 |

6.3 Biodiversitetsbedömning av respektive ekoregion

Markanvändning i Sydamerika leder till högst biodiversitetsförlust bland de fem taxa av däggdjur, fåglar, groddjur, reptiler och växter, där markanvändning i Ayacucho ger högst utslag av arter ($7,4 \cdot 10^{-10}$ PDF per FE) (se figur 5 och tabell 7). Vidare utgör markanvändning i Sverige (Skåne, Västra Götaland och Gotland) sammantaget lägst biodiversitetsförlust på $1,8 \cdot 10^{-11}$ - $1,6 \cdot 10^{-11}$ PDF per FE.



Figur 5. Biodiversitetsförlust i respektive odlingsområde.

Tabell 7. Biodiversitetsförlust i respektive odlingsområde uttryckt i PDF per FE

| Område | PDF per FE |
|---------------------------|----------------------|
| Skåne och Västra Götaland | $1,8 \cdot 10^{-11}$ |
| Gotland | $1,6 \cdot 10^{-11}$ |
| Challapata | $4,3 \cdot 10^{-10}$ |
| Junín | $1,6 \cdot 10^{-10}$ |
| Huancavelica | $1,8 \cdot 10^{-10}$ |
| Ayacucho | $7,4 \cdot 10^{-10}$ |

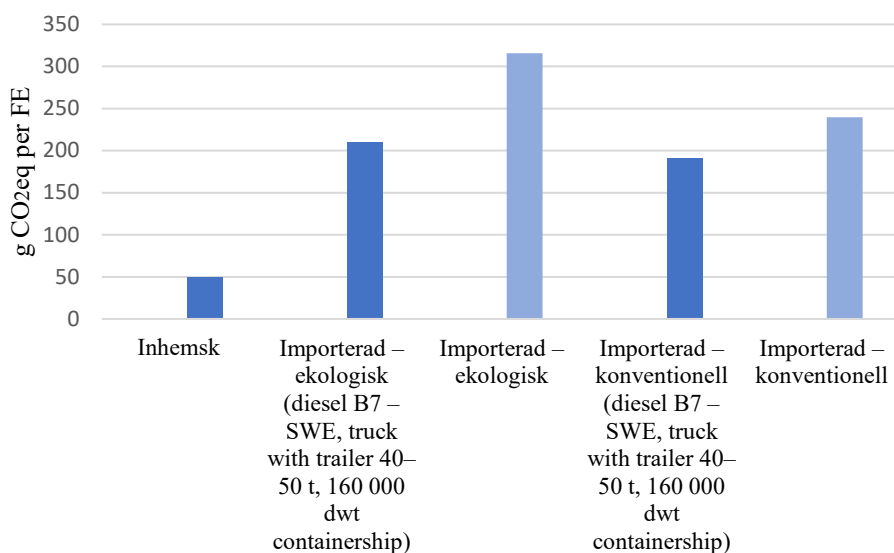
7. Känslighetsanalys

7.1 Transportkedjans klimatpåverkan och primärenergianvändning

I denna känslighetsanalys kommer den importerade quinoans transportkedja undersökas, kopplat till klimatpåverkan och primärenergianvändning. Detta genom att det fossila bränslet i sydamerikanska och europeiska transporter har ersatts av ett bränsle med biodrivmedel inblandat (diesel B7 – SWE) som gäller i Sverige, samt en större lastbilsvikt på 40–50 ton (truck with trailer 40–50 t). Därmed får den importerade quinoan samma förutsättningar som svenska transporter. Dessutom har fartygets dödvikt ökat från 40 000 till 160 000 dwt (160 000 dwt containership), vilket är en vikt som brukar användas för fartygstransporter från Kina till Europa (Sundin, 2020). Därmed studeras transportkedjans förbättringspotential i relation till de tidigare transportvärdena i resultatet (se avsnitt 6.1 och 6.2) och med transporter för den inhemska quinoan.

Transportkedjans klimatpåverkan

För importerad ekologisk quinoa blir justeringarna för transportkedjans klimatpåverkan 210 CO₂eq per FE vid diesel B7 – SWE-bränsle, 40–50 ton lastbilsvikt och 160 000 dwt fartygsvikt, jämfört med tidigare klimatpåverkan på 315 CO₂eq per FE. För importerad konventionell quinoa blir transportkedjans klimatpåverkan 190 CO₂eq per FE, jämfört med tidigare klimatpåverkan på 240 CO₂eq per FE (se figur 6 och tabell 8).



Figur 6. Transportkedjans klimatpåverkan med diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t och 160 000 dwt containership, jämfört med tidigare transportvärden.

En tydlig förbättring kan identifieras hos den sydamerikanska transporten för ekologisk quinoa. Men trots att den sydamerikanska transporten har antagits använda ett bränsle motsvarande det som används i Sverige utgör ändå den transporten lika stor klimatpåverkan (55 CO₂eq per FE)

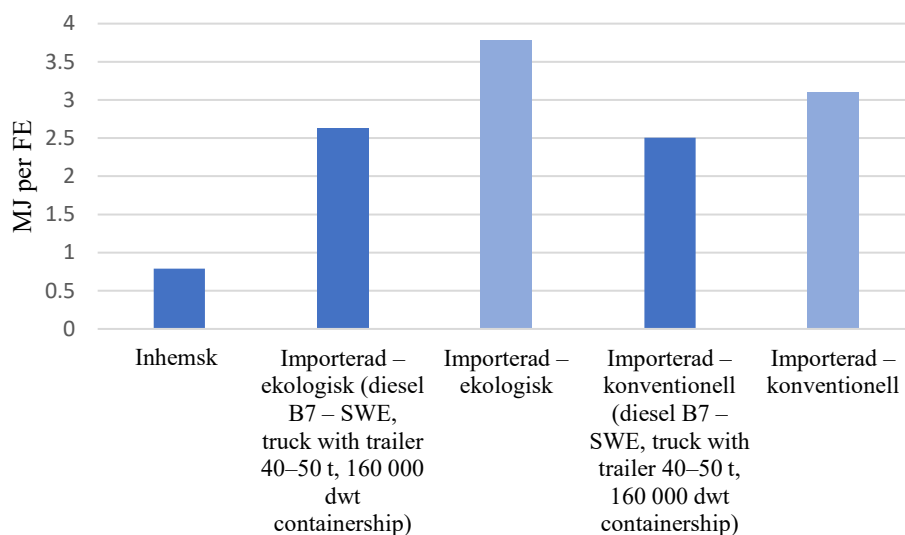
som den inhemska quinoans totala klimatpåverkan (50 CO₂eq per FE), kopplat till transporter. Även sjötransporter förbättras. Importerad quinoa får trots dessa förbättringar inte ett motsvarande resultat som inhemska quinoa, i termer av klimatpåverkan i transportkedjan.

Tabell 8. Transportkedjans klimatpåverkan med diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t och 160 000 dwt containership, jämfört med tidigare transportvärden

| | Inhemska | Import – ekologisk | Import – ekologisk (diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t, 160 000 dwt containership) | Import – konventionell | Import – konventionell (diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t, 160 000 dwt containership) |
|------------------------------------|-----------------|---------------------------|--|-------------------------------|--|
| Lastbil (Sydamerika) | - | 123 | 56 | 13 | 9 |
| Lastbil (EU) | - | 18 | 15 | 57 | 45 |
| Lastbil (Sverige) | 50 | 28 | 28 | 28 | 27 |
| Containerfartyg | - | 144 | 110 | 145 | 109 |
| Totalt (g CO₂eq) | 50 | 315 | 210 | 240 | 190 |

Transportkedjans primärenergianvändning

För importerad ekologisk quinoa blir justeringarna för transportkedjans primärenergianvändning 2,60 MJ per FE vid diesel B7 – SWE-bränsle, 40–50 ton lastbilsvikt och 160 000 dwt fartygsvikt, jämfört med tidigare primärenergianvändning av 3,70 MJ per FE. För importerad konventionell quinoa blir transportkedjans primärenergianvändning 2,50 per FE, jämfört med tidigare primärenergianvändning av 3,10 MJ per FE (se figur 7 och tabell 9).



Figur 7. Transportkedjans primärenergianvändning med diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t och 160 000 dwt containership, jämfört med tidigare transportvärden.

Som i avsnitt 7.1 kan tydliga förbättringar identifieras i den sydamerikanska transporter för ekologisk quinoa, och i fartygstransporterna för både ekologisk och importerad quinoa

förbättras. Men trots dessa förbättringar i den importerade quinoans transportkedjan får inte importerad quinoa ett motsvarande resultat som inhemsk quinoa, i termer av primärenergi.

Tabell 9. Transportkedjans primärenergianvändning med diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t och 160 000 dwt containership, jämfört med tidigare transportvärdet

| | Inhemsk | Import – ekologisk | Import – ekologisk (diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t, 160 000 dwt containership) | Import – konventionell | Import – konventionell (diesel B7 – SWE, truck with trailer 40–50 t, 160 000 dwt containership) |
|----------------------|----------------|---------------------------|---|-------------------------------|---|
| Lastbil (Sydamerika) | - | 1,50 | 0,80 | 0,15 | 0,10 |
| Lastbil (EU) | - | 0,20 | 0,20 | 0,70 | 0,60 |
| Lastbil (Sverige) | 0,80 | 0,10 | 0,10 | 0,35 | 0,40 |
| Containerfartyg | - | 1,90 | 1,50 | 1,90 | 1,40 |
| Totalt (MJ) | 0,80 | 3,70 | 2,60 | 3,10 | 2,50 |

Resultatet för denna känslighetsanalys blir att den importerade quinoans transportkedja inte blir lika hållbar som den inhemska quinoans transportkedja, i termer av klimatpåverkan och primärenergianvändning.

8. Diskussion

Resultaten från min studie visar tydligt att inhemsk quinoa har betydligt lägre påverkan på klimat, primärenergianvändning kopplad till transporter och biodiversitet jämfört med importerad quinoa, oavsett om den är ekologiskt eller konventionellt odlad. Odlingen i sig står för en betydande del av den totala klimatpåverkan för all quinoa, och för importerad quinoa bidrar även transporten betydligt till klimatpåverkan. Särskilt utmärkande "hot-spots" för klimatpåverkan och primärenergianvändning är sjötransporten från Sydamerika till Europa och lastbilstransporten i Sydamerika. Förpackningen bidrar till en låg andel av den totala klimatpåverkan och primärenergianvändningen.

8.1 Jämförelse med andra livsmedel

Röös (2014) har utvecklat en så kallad "mat-klimat-lista" som har sammanställt forskning om olika livsmedelskategoriers klimatpåverkan, däribland hos proteinkällor, mejeriprodukter, kolhydratkällor, samt frukt och grönt. RISE (2022) har också utifrån LCA-metodik utvecklat en klimatdatabas för livsmedel i motsvarande livsmedelskategorier. För båda är den funktionella enheten kg CO₂eq per mängd produkt. I "mat-klimat-listan" och klimatdatabasen kopplas proteinkällor som nötkött, lammkött och köttfärs till hög klimatpåverkan. Vegetabiliska proteinkällor som köttsubstitut, nötter och baljväxter kopplas till låg klimatpåverkan.

Tidåker, *et al.* (2021) har studerat baljväxters klimatpåverkan, primärenergianvändning och biodiversitetsförlust i en LCA, däribland inhemska linser, gråärter, och bönor samt importerade bönor, linser och kikärter (både ekologiska och konventionella). I deras artikel kom Tidåker, *et al.* (2021) fram till att för svenska baljväxter låg klimatpåverkan på 90–220 g CO₂eq per FE (omvandlat till min studies FE). Bidrag från transporter till klimatpåverkan från inhemsk och importerad quinoa är därför i ungefärlig samma storleksordning som Tidåker, *et al.*, (2021) erhöll i en studie om importerade och inhemska baljväxter för den svenska marknaden.

Min studie hade kunnat vid säkrare input-data kring sydamerikansk quinoaodling haft möjlighet att studera odlingsfasens primärenergianvändning. Med tanke på att den inhemska quinoan har en högre klimatpåverkan än de studerade baljväxterna enligt Tidåker, *et al.* (2021), är det rimligt att även primärenergianvändning uppvisar samma motsvarighet. Tidåker, *et al.* (2021) redovisar att primärenergianvändning för svenska, ekologiska fababönor, gulärter, gråärter och linser ligger i ett intervall kring 2 MJ per FE.

Utifrån "mat-klimat-listan" från Röös (2014), klimatdatabasen från RISE (2022) och forskningen om baljväxter av Tidåker, *et al.* (2021), har quinoa en lägre klimatpåverkan än animaliska proteinkällor, men generellt sett en högre klimatpåverkan jämfört med kolhydratkällor och baljväxter. Quinoa kan därför vara ett lämpligt substitut för att öka proteininnehållet i en vegetarisk kost utan animaliska proteinkällor.

8.2 Odling

Denna studie har endast använt värden om odling från tidigare gjord forskning, och främst fokuserat på transporten, vilket försvårar processen att återfinna exakta ”hot-spots” i odlingens klimatpåverkan. Eftersom denna studie framhåller inhemsk quinoa som en viktig nyckel i en hållbar livsmedelsproduktion är det viktigt med ett vidare fokus på gödselmedel för att effektivisera odlingsfasen. Genom att effektivisera gödselmedel, växtnäringsämnenas innehåll, appliceringsmetod och produktionsmetod går det att reducera odlingsfasens miljöpåverkan. Gödselmedlets ursprung (animaliskt gödsel, organiskt gödsel, mineralgödsel), innehåll av växtnäringsämnen (och efterföljande omvandling till bland annat lustgas) (Odhnoff, *et al.*, 2020), appliceringsmetod (risken för ammoniakavgång) (Rogstrand, *et al.*, 2005) samt produktionsmetod kan ge upphov till olika klimatpåverkan. Dessutom beskriver Röös (2014) och RISE (2022) att skillnader i år, producent, produktionsmetod, energianvändning, odlingsklimat, väderförhållanden samt dataosäkerhet och beräkningsmetoder, ger upphov till variation i klimatavtryck.

Det finns alltså en tydlig förbättringspotential i att reducera klimatpåverkan från odlingen för samtlig quinoa. Gamboa, *et al.* (2020) menar att quinoaproducenterna i den konventionella odlingen använder en alldeles för hög näringstillsats i dess mineralgödsel. Svenska quinoabönder använder svinflytgödsel, vilket i för sig är fördelaktigt för att återanvända restprodukter från grisproduktionen. Men om Sveriges framtida livsmedelsproduktion kommer utöka sin ekologiska odling och samtidigt minska sin djurhållning (åtgärder som behövs i en hållbar livsmedelsproduktion), kommer det uppstå ett behov av alternativa gödselmedel (Odhnoff, *et al.*, 2020). Som nämnt tidigare genererar dessutom animaliska livsmedel en högre klimatpåverkan jämfört med vegetabiliska livsmedel, och för att klara klimatmålen kommer livsmedelsproduktioner som involverar djurhållning att behöva reduceras.

8.3 Transport

Sundin (2020) studerade bland annat kring klimatpåverkan från transporten av torra importerade linser från Kanada och använde också fartygsvikt på 40 000 dwt. Sundin beräknade en total transport på totalt 12 670 km – 1 770 km på väg, 8 310 km med fartyg respektive 1 810 km på järnväg. Sundins (2020) FE var 1 kg kokad produkt, där 259 g torra linser krävdes för att erhålla 1 kg. Genom att omvandla Sundins resultat till denna studies FE erhöles därför 145 till 261 g CO₂eq per FE. Det lägre resultatet från Sundin (2020) beror på att transport via järnväg erhåller låg klimatpåverkan. Därför behöver nödvändigtvis inte längre transporter ge ett stort bidrag av växthusgaser om transporter kan göras på järnväg (i de länder där järnväg redan är utbyggt).

I ett potentiellt framtidsscenario där sydamerikanska och europeiska transporter får svenska bränsleegenskaper samt en större viktkapacitet, vilket modellerades i studiens känslighetsanalys, skulle den åtgärden vara otillräcklig för att göra importerad quinoa mer hållbar än inhemsk quinoa. Att miljöpåverkan däremot fortfarande är hög är rimligt eftersom transporten hos importerad quinoa är betydligt längre.

Att göra livsmedel ännu mer beroende av transporter och bränslen skulle kräva en utbyggnad av transportsektorn och bränsleproduktionen, och skulle därmed innebära ökad miljöpåverkan.

8.4 Biologisk mångfald

Studiens resultat om biodiversitetsförlust framhäver inhemsk quinoa som mest hållbar, eftersom den har lägst påverkan på den biologiska mångfalden jämfört med importerad quinoa. Samtidigt är det viktigt att konsumera livsmedel med aktsamhet, så att inte iLUC uppstår där en tidigare producerad livsmedelsgröda i stället flyttas till en ekoregion där utslaget av biologisk mångfald är hög, vilket är kontraproduktivt.

Även om quinoa inte tillhör baljväxtfamiljen, betraktas både baljväxter och quinoa som grödor med stor potential för framtiden i Sverige. Röös (2014) beskriver att det är oklart vilka indirekta konsekvenser som skulle kunna uppstå vid en ökad produktion av baljväxter i Sverige. Cancino-Espinoza, *et al.* (2018) menar att en ökad konsumtion av quinoa kan leda till oönskade iLUC.

De importerade baljväxter som studerades av Tidåker, *et al.* (2021) befinner sig inte i samma ekoregion som den importerade quinoan. Därför är det inte möjligt att jämföra resultaten i en biodiversitetsförlust. Däremot för de svenska baljväxternas markanvändning går det att se ett liknande resultat av PDF, där båda studier studerar samma ekoregioner i Sverige (Sarmatic mixed forests och Baltic mixed forests).

Eftersom svenskodlade livsmedel uppvisar en lägre biodiversitetsförlust jämfört med importerade livsmedel från områden med stor risk för utslag av arter, enligt min studie och studien av Tidåker, *et al.* (2021, vill jag starkt betona vikten av transparens om livsmedels biodiversitetspåverkan, så att konsumenten aktivt kan välja det livsmedel som har lägst påverkan av biologisk mångfald.

9. Slutsats

Denna studie visar att svensk quinoa har en halverad klimatpåverkan jämfört med importerad quinoa. Den inhemska quinoan har dock förbättringspotential under odlingsfasen, genom att effektivisera dess gödselanvändning, eftersom där återfinns en stor "hot-spot" under quinoans livscykel. Den importerade quinoans höga miljöpåverkan beror framför allt på den transport som krävs för att frakta quinoan genom Sydamerika, över Atlanten och längs ett flertal europeiska länder som använder ett fossilbaserat bränsle.

För att skapa en hållbar livsmedelsproduktion är det viktigt att öka transparensen kring livsmedels klimatpåverkan, primärenergianvändning och biodiversitetsförlust, och fler miljöpåverkanskategorier, för att öka medvetenheten om hållbara livsmedel hos konsumenter och andra livsmedelsaktörer, och därav driva samhället i en mer hållbar riktning.

Referenser

Litteratur

- Agria (2021). "Det går att odla quinoa och alla möjliga bön typer i Sverige". <https://www.agria.se/> [2023-04-19].
- Ahlgren, S., Morell, K., Hallström, E. (2022). *Mapping of biodiversity impacts and hotspot products in Nordic food consumption*. RISE Report 2022:25.
- Ahlgren, S., Junestedt C., Ahlström M., Lundin, E. (2020). *Återvinning av växtnäringsämnen ur avloppsvatten – hur gör vi hållbarhetsbedömningar på bästa sätt?* RISE – Research Institutes of Sweden. Uppsala.
- Azhar, B., Nobilly, F., Lechner, A.M., Tohiran, K.A., Maxwell, T.M.R., Zulkifli, R., Kamel, M.F. & Oon, A. (2021). *Mitigating the risks of indirect land use change (ILUC) related deforestation from industrial palm oil expansion by sharing land access with displaced crop and cattle farmers*. *Land use policy*, 107, 105498. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105498>
- Bayer (u.å.) *SERENADE ASO – det naturliga valet för bättre kvalitet och ökad flexibilitet*. <https://www.cropscience.bayer.se/> [2023-04-24]
- Bazile, D., Jacobsen, S.-E. & Verniau, A. (2016). *The Global Expansion of Quinoa: Trends and Limits*. *Frontiers in plant science*, 7, 622–622. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00622>.
- Bertero H.D (2001). *Effects of Photoperiod, Temperature and Radiation on the Rate of Leaf Appearance in Quinoa Chenopodium quinoa Willd. under Field Conditions*. *Annals of botany*, 87 (4), 495–502.
- BillerudKorsnäs (2020). *CrownBoard Craft™. Environmental Product Declaration*. <https://www.billerudkorsnas.com>.
- Boone, L., Van linden, V., De Meester, S., Vandecasteele, B., Muylle, H., Roldán-Ruiz, I., Nemecek, T. & Dewulf, J. (2016). *Environmental life cycle assessment of grain maize production: An analysis of factors causing variability*. *The Science of the total environment*, 553, 551–564. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.02.089>
- CABI (2021). *Xentari WDG*. <https://bioprotectionportal.com/> [2023-04-24].
- Canal De Panamá (2022). *Annual Report 2022*.
- Cancino-Espinoza, E., Vázquez-Rowe, I. & Quispe, I. (2018). *Organic quinoa (Chenopodium quinoa L.) production in Peru: Environmental hotspots and food security considerations using Life Cycle Assessment*. *The Science of the total environment*, 637-638, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.029>.
- Cárdenas-Castillo, J.E., Delatorre-Herrera, J., Bascuñán-Godoy, L. & Rodríguez, J.P. (2021). *Quinoa (Chenopodium quinoa wild.) seed yield and efficiency in soils deficient of nitrogen in the bolivian altiplano: An analytical review*. *Plants (Basel)*, 10 (11), 2479–. <https://doi.org/10.3390/plants10112479>

- Chaudhary, A. & Brooks, T.M. (2018). *Land Use Intensity-Specific Global Characterization Factors to Assess Product Biodiversity Footprints*. *Environmental science & technology*, 52 (9), 5094–5104. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b05570>.
- De Bock, P., Van Bockstaele, F., Muylle, H., Quataert, P., Vermeir, P., Eeckhout, M. & Cnops, G. (2021). *Yield and nutritional characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.) varieties grown in north-west europe—part i*. *Plants (Basel)*, 10 (12), 2689–. <https://doi.org/10.3390/plants10122689>.
- Ecoinvent (version 3.9.1) [programvara] <https://ecoinvent.org/>.
- Ekvall, T. (2020). *Attributional and consequential life cycle assessment*. Sustainability Assessment at the 21st century: 42-62. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.89202>.
- Europeiska Kommissionen (2010) – Gemensamt forskningscentrum – Institutet för Environment and Sustainability: *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – Generell vägledning för livscykelanalys – Detaljerad vägledning*. Första upplagen mars 2010. EUR 24708 EN. Luxemburg. Europeiska unionens publikationsbyrå; 2010.
- Europeiska kommissionen (u.å.) *The consequences of climate change*. <https://climate-ec-europa-eu.translate.google/> [2023-04-22]
- FAO (2013). *State of the Art Report on quinoa around the world*. <https://www.fao.org/>.
- FN (u.å.) *Food and Climate Change: Healthy diets for a healthier planet*. [2023-04-19].
- Gamboa, C., Bojacá, C.R., Schrevens, E. & Maertens, M. (2020). *Sustainability of smallholder quinoa production in the Peruvian Andes*. *Journal of cleaner production*, 264, 121657–. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121657>.
- Gotlandsbåtar (2021). *Visby (5)*. <http://gotlandsbatar.com>.
- IDFC (2022). *IDFC Toolbox on Integrating Biodiversity into Strategies and Operations of Development Finance Institutions*. International Development Finance Club. Life On Land And Below Water. <http://www.idfc.org>.
- IEA Bioenergy (2009). *Bioenergy – The Impact of Indirect Land Use Change*. Sammanfattning och slutsatser från IEA Bioenergy ExCo63 Workshop. ExCo: 2009:04. Kommittén för IEA Bioenergy i Rotterdam, Nederländerna 12 maj 2009.
- IPCC (2023). *Intergovernmental Panel on Climate Change*. AR6 Synthesis report. www.ipcc.ch/report/ar6/syr.
- Karlsson Potter, H., Lundmark, L. & Röös, E. (2020). *Environmental impact of plant-based foods: data collection for the development of a consumer guide for plant-based foods*. Uppsala: Department of Energy and Technology, Swedish University of Agricultural Sciences.
- Levente Hufnagel & Hufnagel, L. (2018). *Ecosystem services and global ecology*. (Hufnagel, L., ed.). London, England: IntechOpen.
- Mercadero (u.å.). *Insight from Challapata, the hotspot of the Bolivian quinoa world*. [2023-04-24].
- NTMCalc (Advanced 4.0), [programvara] <https://www.transportmeasures.org>.
- NTMCalc (2022). *Nya data för diesel- och HVO nu publicerade i NTMCalc*. <https://www.transportmeasures.org> [2023-04-22].
- Odhnoff, A. & Eidstam, Z. (2020). Växtnäringsförsörjning i ekologisk odling utan tillförsel av animaliska gödselmedel. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Plevin, R.J., Delucchi, M.A. & Creutzig, F. (2014). *Using Attributional Life Cycle Assessment to Estimate Climate-Change Mitigation Benefits Misleads Policy Makers*. *Journal of industrial ecology*, 18 (1), 73–83. <https://doi.org/10.1111/jiec.12074>
- Resolve NGO (2023). <https://ecoregions.appspot.com/> [2023-04-14].
- Ritchie, H. (2021). *Is the world making progress in decarbonizing energy?* Our World In Data. <http://ourworldindata.org> [2023-04-22].

- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K. & Scheffer, M. (2009). *A safe operating space for humanity*. Nature (London), 461 (7263), 472–475. <https://doi.org/10.1038/461472a>.
- Rogstrand, G., Tersmeden, M., Bergström, J., Rodhe, L. (2005). *Åtgärder för minskad ammoniakavgång från fastgödsellager*. JTI – Institutet för jordbruks- och miljöteknik.
- Sharara, M., Kim, D., Sadaka, S. & Thoma, G. (2019). *Consequential Life Cycle Assessment of Swine Manure Management within a Thermal Gasification Scenario*. *Energies (Basel)*, 12 (21), 4081–. <https://doi.org/10.3390/en12214081>
- SLU (2022). *Vad vi äter påverkar klimatet*. <https://www.slu.se/> [2023-04-14].
- SLU (2022). *Vad är livscykelanalys?* <https://www.slu.se/> [2023-05-07].
- Ström, A. (2022). *Nytt sätt att producera biobaserade produkter från quinoa-rester*. Umeå Universitet. <https://www.umu.se/> [2023-05-02].
- Sundin, E. (2020). *Carbon footprint and energy use of transport in the supply chain of pulses for Swedish human consumption*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Tidåker, P., Karlsson Potter, H., Carlsson, G. & Rööf, E. (2021). *Towards sustainable consumption of legumes: How origin, processing and transport affect the environmental impact of pulses*. *Sustainable production and consumption*, 27, 496–508. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.01.017>
- Timmer, R.D. 2014. *Quinoa cultivation in the Netherlands*. Wageningen University & Research 2018. <https://www.wur.nl/>
- Trafa (2019). *Styrmedel för tunga miljövänliga lastbilar*. <https://www.trafa.se>.
- Trafa (2022). *Styrmedel för laddinfrastruktur och hållbara förnybara drivmedel*. <https://www.trafa.se>.
- TT-Line (u.å.). TT-Line Nils Holgersson. <https://www.ttline.com>.
- Uppsala universitet (2009). *Miljöpåverkan – från vaggan till graven*. Nationellt resurscentrum för biologi och bioteknik. Bi-lagan nr 1 mars 2009. <https://www.bioresurs.uu.se>.
- Varma, A. (2021). *Biology and biotechnology of Quinoa: super grain for food security*. (Varma, A., ed.). Singapore: Springer.
- Velezmore Jauregui, J. (u.å.). *Reducing Peru's Freight Emissions*. *Changing Transports* <https://changing-transport.org> [2023-04-22].
- Wahlström, A. & Samuelsson, S. (2018). *Svensk quinoa: svensk quinoaodling och dess egenskaper som alternativ gröda*. Alnarp: Sveriges lantbruksuniversitet.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S. & Murray, C.J.L. (2019). *Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems*. *The Lancet (British edition)*, 393 (10 170), 447–492. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)

Personliga meddelanden

- Hasselbom, Mårten. Inköpare produkt och Logistik, Saltå Kvarn AB. 153 91 Järna. Muntlig kommunikation. 2023-04-30.
- Erlandsson, Tomas. VD, Nordvara Nordisk Råvara AB. 111 29 Stockholm. Skriftlig kommunikation. 2023-04-03.
- Konsumentkontakt. Axfood AB. 113 65 Stockholm. Skriftlig kommunikation. 2023-04-03.

Tack

Jag vill först och främst uttrycka min tacksamhet till min handledare Pernilla Tidåker, vars generösa vägledning och insiktsfulla bidrag har varit oerhört betydelsefullt under hela arbetets gång, vars inspiration har lett mig till att vilja utforska hållbara livsmedel ännu mer. Jag vill även tacka Tomas Erlandsson från Nordisk Råvara som gett mig rikliga fakta om deras svenskproducerade quinoa. Dessutom vill jag tacka Mårten Hasselbom på Saltå Kvarn för information kring transporten för deras ekologiska quinoa. Vidare är jag tacksam för Emelie Sundins rapport om transportvägar som hjälpt mig när transportdata om quinoa har saknats. Slutligen vill jag rikta tacksamhet till Anna-Stina och Hans för intressanta diskussioner om klimat och hållbar livsmedelsproduktion, och till min sambo Albin som har stått ut med att jag har lagat quinoa varje dag.

Bilaga 1 – Transporter

A. Samtliga transporter

Tabell 10 anger delsträckornas längd, transportmedel, bränsle (typ av diesel), klimatpåverkan och primärenergianvändning per FE för importerad quinoa via Tyskland, Nederländerna och Italien, samt inhemsk quinoa, modellerat i NTMcalc Advanced 4.0 och beräknat i Excel.

Tabell 10. Delsträckornas längd (km), transportmedel, dieseltyp, klimatpåverkan (g CO₂eq) och primärenergianvändning (MJ) per FE

| | Sträcka (km) | Transportmedel | Diesel | g CO ₂ eq | MJ |
|-----------------------------|-----------------|---|----------|----------------------|-------------|
| Ekologisk importerad | | | | | |
| Via Tyskland | | | | | |
| Challapata – Callao | 1 810 | Truck with trailer 20–28 t | B0 – EU | 123 | 1,49 |
| Callao – Hamburg | 12 977 | 40 000 dwt containership ocean large | | 142 | 1,89 |
| Hamburg – Rostock | 185 | Truck with trailer 20–28 t | B7 – EU | 8 | 0,09 |
| Rostock – Trelleborg | 159 | 10 921 dwt Ro-Ro ship ocean | | 4 | 0,06 |
| Trelleborg – Malmö | 32 | Truck with trailer 20–28 t | | 2 | 0,02 |
| Malmö – Järna | 575 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 20 | 0,28 |
| Järna – Uppsala | 116 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 8 | 0,10 |
| Totalt | 15 850 | | | 308 | 3,68 |
| Via Nederländerna | | | | | |
| Challapata – Callao | 1 810 | Truck with trailer 20–28 t | B0 – EU | 123 | 1,49 |
| Callao – Rotterdam | 12 473 | 40 000 dwt containership ocean large | | 137 | 1,82 |
| Rotterdam – Rostock | 675 | Truck with trailer 20–28 t | B7 – EU | 29 | 0,57 |
| Rostock – Trelleborg | 159 | 10 921 dwt Ro-Ro ship ocean | | 4 | 0,26 |
| Trelleborg – Malmö | 32 | Truck with trailer 20–28 t | B7 – SWE | 2 | 0,02 |
| Malmö – Järna | 575 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 20 | 0,03 |
| Järna – Uppsala | 116 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 8 | 0,10 |
| Totalt | 15 836 | | | 323 | 3,86 |

| | Sträcka (km) | Transportmedel | Diesel | g CO2eq | MJ |
|---------------------------------|-----------------|---|----------|------------|-------------|
| Konventionell importerad | | | | | |
| Via Nederländerna | | | | | |
| Junín – Callao | 247 | Truck with trailer 20–28 t | B0 – EU | 13 | 0,15 |
| Callao – Rotterdam | 12 473 | 40 000 dwt containership ocean large | | 137 | 1,82 |
| Rotterdam – Rostock | 675 | Truck with trailer 20–28 t | B7 – EU | 29 | 0,36 |
| Rostock – Trelleborg | 159 | 10 921 dwt Ro-Ro ship ocean | | 4 | 0,26 |
| Trelleborg – Bålsta | 690 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 24 | 0,31 |
| Bålsta – Uppsala | 46 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 3 | 0,04 |
| Totalt | 14 303 | | | 211 | 2,75 |
| Via Italien | | | | | |
| Junín – Callao | 247 | Truck with trailer 20–28 t | B0 – EU | 13 | 0,15 |
| Callao – Salerno | 12 633 | 40 000 dwt containership ocean large | | 139 | 1,84 |
| Salerno – Rostock | 1 937 | Truck with trailer 20–28 t | B7 – EU | 85 | 1,00 |
| Rostock – Trelleborg | 159 | 10 921 dwt Ro-Ro ship ocean | | 4 | 0,26 |
| Trelleborg – Bålsta | 690 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 25 | 0,31 |
| Bålsta – Uppsala | 46 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 3 | 0,04 |
| Totalt | 15 725 | | | 268 | 3,44 |
| Inhemsk | | | | | |
| Via Skånegård | | | | | |
| Skåne – Hova | 368 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 13 | 0,17 |
| Hova – Götene | 59 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 4 | 0,20 |
| Götene – Uppsala | 310 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 25 | 0,33 |
| Totalt | 737 | | | 42 | 0,70 |
| Via Västgötagård | | | | | |
| Västgöta – Hova | 19 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 1 | 0,17 |
| Hova – Götene | 59 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 4 | 0,20 |
| Götene – Uppsala | 310 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 25 | 0,33 |
| Totalt | 388 | | | 30 | 0,54 |
| Via Gotlandsgård | | | | | |
| Gotland – Visby | 21,5 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 1,5 | 0,18 |
| Visby – Oskarshamn | 118 | 2 840 dwt ocean Ro-Ro ship | | 28 | 0,37 |
| Oskarshamn – Hova | 299 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 10,5 | 0,13 |
| Hova – Götene | 59 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 4 | 0,20 |
| Götene – Uppsala | 310 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 25 | 0,33 |
| Totalt | 807 | | | 69 | 1,00 |

B. Genomsnittliga transporter

Tabell 11 anger genomsnittliga värden för delsträckornas längd, transportmedel, bränsle (typ av diesel), klimatpåverkan och primärenergianvändning per FE för genomsnittlig importerad och inhemsk quinoa, beräknat i Excel.

Tabell 11. Genomsnitt för delsträckornas längd (km), transportmedel, dieseltyp, klimatpåverkan (g CO₂eq) och primärenergianvändning (MJ) per FE

| | Sträcka (km) | Transportmedel | Diesel | g CO ₂ eq | MJ |
|-------------------------------|-----------------|---|----------|----------------------|-------------|
| Ekologisk | | | | | |
| Challapata – Callao | 1 810 | Truck with trailer 20–28 t | B0 – EU | 123 | 1,49 |
| Callao – HAM/RTM | 12 725 | 40 000 dwt containership ocean large | | 139 | 1,85 |
| HAM/RTM – Rostock | 430 | Truck with trailer 20–28 t | B7 – EU | 34 | 0,41 |
| Rostock – Trelleborg | 159 | 10 921 dwt Ro-Ro ship ocean | | 4 | 0,26 |
| Trelleborg – Malmö | 32 | Truck with trailer 20–28 t | B7 – SWE | 2 | 0,02 |
| Malmö – Järna | 569 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 20 | 0,26 |
| Järna – Uppsala | 116 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 8 | 0,10 |
| Totalt | 15 843 | | | 315 | 3,77 |
| Konv. genomsnitt | | | | | |
| Junín – Callao | 247 | Truck with trailer 20–28 t | B0 – EU | 13 | 0,15 |
| Callao – RTM/SA | 12 553 | 40 000 dwt containership ocean large | | 138 | 1,83 |
| RTM/SA – Rostock | 1 306 | Truck with trailer 20–28 t | B7 – EU | 57 | 1,42 |
| Rostock – Trelleborg | 159 | 10 921 dwt Ro-Ro ship ocean | | 4 | 0,26 |
| Trelleborg – Bålsta | 690 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 24 | 0,31 |
| Bålsta – Uppsala | 46 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 3 | 0,04 |
| Totalt | 15 001 | | | 240 | 3,09 |
| Sverige genomsnitt | | | | | |
| Skåne/Västgöta/Gotland – Hova | 340 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 20 | 0,13 |
| Hova – Götene | 59 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 4 | 0,20 |
| Götene – Uppsala | 310 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 25 | 0,33 |
| Totalt | 520 | | | 50 | 0,80 |

C. Känslighetsanalys för transporter

Tabell 10 visar hur parametrar i transportmedel och dieselanvändning justerats för den importerade quinoans transporter, beräknat i Excel. Detta för att undersöka om importerad quinoa får en motsvarande klimatpåverkan och primärenergianvändning som inhemsk quinoa, under samma förutsättningar.

Tabell 13. Justerade parametrar i transportsträckorna för importerad quinoa

| | Sträcka (km) | Transportmedel | Diesel | g CO ₂ eq | MJ |
|-------------------------|-----------------|--|----------|-------------------------|-------------|
| Ekologisk | | | | | |
| Challapata – Callao | 1 810 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 55 | 1,49 |
| Callao – HAM/RTM | 12 725 | 160 000 dwt containership ocean large | | 106 | 1,85 |
| HAM/RTM – Rostock | 430 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 15 | 0,41 |
| Rostock – Trelleborg | 159 | 10 921 dwt Ro-Ro ship ocean | | 4 | 0,26 |
| Trelleborg – Malmö | 32 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 1 | 0,02 |
| Malmö – Järna | 569 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 20 | 0,26 |
| Järna – Uppsala | 116 | Rigid truck 14–20 t | B7 – SWE | 8 | 0,10 |
| Totalt | 15 843 | | | 210 | 2,62 |
| Konv. genomsnitt | | | | | |
| Junín – Callao | 247 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 13 | 0,15 |
| Callao – RTM/SA | 12 553 | 160 000 dwt containership ocean large | | 104 | 1,83 |
| RTM/SA – Rostock | 1 306 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 46 | 1,42 |
| Rostock – Trelleborg | 159 | 10 921 dwt Ro-Ro ship ocean | | 4 | 0,26 |
| Trelleborg – Bålsta | 690 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 24 | 0,31 |
| Bålsta – Uppsala | 46 | Truck with trailer 40–50 t | B7 – SWE | 3 | 0,04 |
| Totalt | 15 001 | | | 190 | 2,99 |

Bilaga 2 – Datasets

Tabell 11 anger vilka datasets som använts för förpackning. Datasetet från Ecoinvent är från version 3.9.1 (2022) med “allocation, cut-off by classification”, med datasettypen ”ordinary transforming activity”.

Tabell 12. Datasets för produktionen av quinoa, samt förpackning

| Referens | Position | Användning |
|---|-----------------|-------------------|
| Polyethylene production, linear low density, granulate (Ecoinvent) | Europa | Plast |
| CrownBoard Craft™ – Environmental Product Declaration (BillerudKorsnäs, 2020) | Sverige | Kartong |

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i JA, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i NEJ, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Du hittar en länk till SLU:s publiceringsavtal på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>.

JA, jag ger härmed min tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

NEJ, jag ger inte min tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.