BIOEKONOMI
HÅLLBAR KONSUMTION
OCH PRODUKTION I

Utnyttjande av restströmmar vid grönkålsodling – en analys av påverkan på klimatavtrycket

Ökad produktion av livsmedel i Sverige – tillvarata sidoströmmar för innovativa produkter (EIP-projekt 2022-2445)

Danira Behaderovic (RISE), Matilda Löfgren (RISE), Elin Einarson Lindvall (RISE) & Jonas Jönsson (HIR Skåne)

Medfinansieras av Europeiska unionen

Utnyttjande av restströmmar vid grönkålsodling – en analys av påverkan på klimatavtrycket

Danira Behaderovic (RISE), Matilda Löfgren (RISE), Elin Einarson Lindvall (RISE) & Jonas Jönsson (HIR Skåne)

Arbetet har utförts med stöd från Jordbruksverket och landsbygdsprogrammet 2014–2020 och finansieras delvis av pengar från Europeiska jordbruksfonden för landsbygdsutveckling.

© RISE Research Institutes of Sweden

RISE Research Institutes of Sweden AB

RISE Rapport : 2025:24
ISBN: 978-91-90036-07-5

© RISE Research Institutes of Sweden

Innehåll

Innehåll **3**
Sammanfattning **4**
1 Bakgrund **6**
1.1 Odling grönkål och restströmmar 6
1.2 LCA och klimatavtrycksberäkningar 6
2 Målbeskrivning och omfattning **7**
2.1 Studiens syfte 7
2.2 Produkter och det studerade systemet 7
2.3 Metod 9
3 Datainventering **14**
3.1 Grönkålsodling 14
3.2 Förädling och förpackning 15
3.3 Distribution och lagring i kyl och frys 18
4 Resultat **19**
4.1 Klimatavtryck vid olika uttagsnivåer av restströmmar 19
4.2 Klimatavtryck förädlade produkter på reststrom 20
4.3 Känslighetsanalys 22
5 Diskussion **24**
6 Slutsatser **25**
7 Referenser **26**
8 Bilagor **27**

© RISE Research Institutes of Sweden

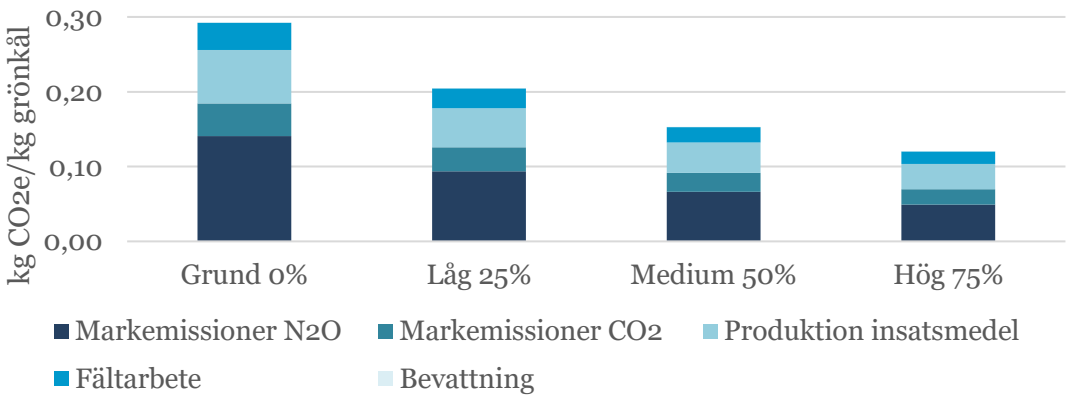
Sammanfattning

Syftet med studien är att beräkna klimatpåverkan från svensk grönkålsodling. I studien undersöks konventionell grönkålsodling där enbart premiumråvaran, så kallad klass 1 grönkål skördas. Studien inkluderar även analys och jämförelse av konventionell odling med alternativa scenarion där även kvarlämnande restströmmar skördas. Restströmmarna kan sedan utnyttjas för vidareförädling i olika processtekniker för att producera produkter för konsumtion. I studien undersöks därmed också de tre förädlingsteknikerna 1) mikrovågsbehandling med sterilisering eller pastörisering, 2) autoklavering och 3) frysning. Genom dessa förädlingstekniker förlängs även hållbarheten avsevärt, vilket medför ett stort mervärde. I jämförelse med färsk grönkål som antas hållas färsk i ungefär två veckor, kan de förädlade produkterna hålla sig i 60 dagar upp till flera år.

Sammanfattningsvis besvarar studien två frågeställningar, hur påverkas klimatavtrycket av grönkålsodling vid fältkant av olika uttag av restströmmar, samt vad blir klimatavtrycket från färdigvara i butik gjord på restströmmar genom användning av olika förädlingstekniker.

Klimatavtrycken beräknas enligt metodiken för livcykelsanalys. Resultaten redovisas per kg grönkål vid fältkant och per kg färdigvara i butik. En ingående analys av bidrag i odlingssteget ingår, liksom bidrag från processanläggning, transport till butik, förpackning och kyl- eller fryslagring vid analys av färdigvara. Konsumentledet ingår därmed inte. Utöver skörd av premiumråvaran som är studiens grundscenario, togs tre scenarier fram som motsvarar tre nivåer av uttag, 25%, 50% och 75% av total skördepotential i restströmmar. Dels för att undersöka hur olika skördenivåer påverkar klimatavtrycket vid fältkant, dels för att processindustrin ställer kvalitetskrav på restströmmarna för vidareförädling. Studien har alltså antagit att alla restströmmar inte kan användas för vidareförädling på grund av kvalitetskrav (t.ex. andel gula blad, stjälk).

Resultaten visar att klimatavtrycket för grönkålsodling vid fältkant, minskar vid ökade skördenivåer av grönkål från fältet. I grundscenariot där 0% av restströmmar skördas är klimatavtrycket 0,29 kgCO2e/kg grönkål. Vid ett uttag på 75% av restströmmarna har klimatavtrycket minskat till 0,12 kgCO2e/kg grönkål. I odlingssteget är det framförallt markemissioner i form av lustgas, det vill säga markens omsättning av kväve, som står för en majoritet av klimatavtrycket, följt av produktion av insatsmedel.



© RISE Research Institutes of Sweden

För förädlade produkter gjord på reststrom, visar resultaten att autoklavering och frysning har högre klimatpåverkan än mikrovågsbehandlad grönkålsvara. Inflödet av reststrom har baserats på scenariot ”*Medium*”, där antagandet har gjorts att 50% av total producerad reststrom går vidare till förädling. Medium scenariot valdes ut då kvalitetskrav på ingående råvara är ännu okända i processindustrin. Av alla aktiviteter i kedjan står odlingen för det största bidraget, följt av förpackning och transport, medan bidrag från processanläggningen och kyl – och fryslagring är mindre betydande. Ett större svinn i processanläggningen vid autoklavering och frysning leder till ett högre klimatavtryck då det finns ett behov av ett större inflöde av grönkål från fältet för att få ut 1 kg produkt.

Slutsatser som studien kommer fram till är följande:

- Odlingssteget och framförallt lustgasemissioner från mark är den störst bidragande faktorn till klimatavtrycket vid fältkant och färdigvara.
- Det finns en potential att minska klimatpåverkan genom att öka skördenivåerna i fält.
- Ökade skördenivåer leder till minskade lustgasemissioner då mindre växtrester lämnas kvar i fältet och totala mängder insatser fördelas på större mängd grönkål
- Av de tre studerade teknikerna har autoklavering och frysning högre klimatavtryck på grund av högre svinn i processanläggningen.
- Åtgärder och insatser i odlingssteget blir väsentliga för att minska klimatavtrycket i hela kedjan från odling till färdigvara.

© RISE Research Institutes of Sweden

1 Bakgrund

1.1 Odling grönkål och restströmmar

Grönkål odlas traditionellt i Sverige för konsumtion vid jul och det är fortfarande den viktigaste försäljningsperioden men en mindre efterfrågan på färsk grönkål finns hela året. Svenska odlare kan plantera grönkål tidigast i april med skörd i juni. Grönkålen planteras i omgångar med några veckors mellanrum för att sprida ut skörden över en längre period. Planteringen pågår normalt fram till månadsskiftet juli/augusti för planerad skörd till jul. Perioden januari till juni förses marknaden med importerad grönkål från Spanien och Italien.

Varje grönkålsplanta har en kraftig genomgående stam ca 50-75cm hög med krusiga blad på skaft likt grenar på ett träd. Tillväxtpunkten siter i toppen och nya blad utvecklas där allt eftersom plantan tillväxer. Skörden sker för hand och påbörjas i de nedersta (äldsta) bladen som bryts av och placeras i låda eller packas i konsumentförpackning direkt i fält. Beroende på andel bladskaft och vilken tid på säsongen eller vilken ålder grönkålen har varierar utbytet kraftigt.

Klass 1 som omnämns i rapporten utgörs av de visuellt finaste bladen i toppen på plantan. De är späda och har längst hållbarhet. De är sällan angripna av insekter, svamp och väder jämfört med de äldre bladen längre ner på plantan. Gränsen för vad som anses vara Klass 1 är inte definierad utan det är något odlarna lärt sig och den varierar ofta med tillgången på marknaden. Kvalitetsgränsen nedåt mot kassation har vi i denna studie satt vid visuellt defekta blad (trasiga, ljusgröna eller gula blad).

Restströmmar är det som blir kvar på fältet efter skörden av premiumråvaran till Klass 1 eller det som eventuellt sorteras bort vid packning. Av grönkålsplantans totala vikt (ca 1-1,5kg) kan restströmmen uppgå till maximalt 75% då stammen anses oanvändbar. Beroende på vilka kvalitetskrav (t.ex. andel stjälk eller gula blad) processindustrin ställer så finns det en möjlighet att ta tillvara en relativt stor del av den potentiella skörden på ca 1kg blad med skaft per planta. Eftersom vi inte känner till dessa krav har vi valt att uttrycka restströmmen i tre olika scenarier med varierande andel av den totala skördepotentialen som går i reststrom.

1.2 LCA och klimatavtrycksberäkningar

Livscykelanalys (LCA) är en metod som används för att kartlägga den potentiella miljöbelastningen som orsakas av en produkts livscykel. Genomförandet av en LCA består av fyra olika faser där den första är 1) definition av mål och omfattning, följt av 2) inventeringsanalys, 3) miljöpåverkansbedömning och till sist 4) tolkning av resultat. Ramverket för LCA-metodiken är angivet i ISO-standard 14040 och 14044.

I den första fasen definieras bland annat syftet med studien och vald systemgräns, det vill säga om man analyserar exempelvis ”vagga till grav”, från råvaruutvinning till avfallshantering eller ”vagga till fabriksgrind”, från råvaruutvinning till producerad produkt. Under inventeringsanalysen kartläggs produktens resursförbrukning, energianvändning och utsläpp till luft, mark och vatten inom ramen för den angivna

© RISE Research Institutes of Sweden

systemgränsen. Inventeringsdata översätts sedan till miljöpåverkan där flera olika miljöpåverkanskategorier kan analyseras, exempelvis klimatpåverkan, övergödning, försurning och toxicitet. Det här projektet kommer endast att omfatta klimatpåverkan. Till sist redovisas och tolkas resultatet av livscykelanalysen.

2 Målbeskrivning och omfattning

2.1 Studiens syfte

Syftet med projektet är att med LCA beräkna klimatpåverkan av svensk grönkålsodling. I projektet jämförs klimatavtrycket mellan konventionell grönkålsodling där inga restströmmar används (grundscenario), med ett alternativt scenario där även restströmmar utnyttjas.

Olika förädlingstekniker för restströmmarna kan användas för att skapa en färdig grönkålsvara som kan säljas i butik. Projektet syftar därmed också till att jämföra klimatavtrycket för olika förädlingstekniker för att skapa färdig grönkålsvara från restströmmar. Sammanfattningsvis besvarar projektet följande frågor:

1. Hur påverkas grönkålens klimatpåverkan vid uttag av reststrom?
2. Vad blir klimatavtrycket av färdig grönkålsvara från restströmmar genom användning av olika förädlingstekniker?

2.2 Produkter och det studerade systemet

I det här projektet analyseras grönkål vid konventionell odling (grundscenario) där klass 1 grönkål skördas. Det vill säga grönkål av den högsta kvalitén. Klass 1 grönkål kan säljas på olika sätt i butik, till exempel tvättad och hackad i påse, hela grönkålsblad i mindre eller större påse. Den här studien omfattar hela grönkålsblad som paketeras i en 200 g påse.

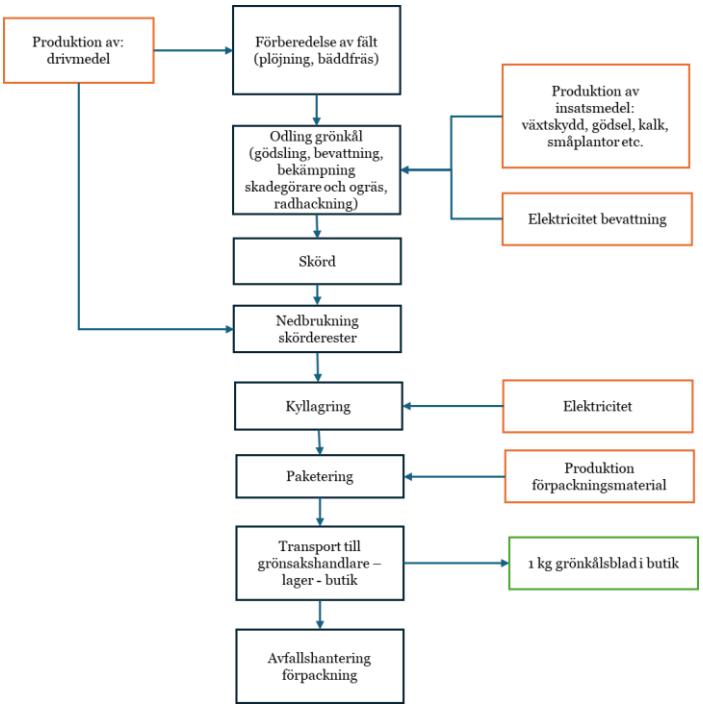
Ett av syftena med projektet är att undersöka ett alternativt scenario där även en del av de lämnade restströmmarna utnyttjas. Potentiella förädlingstekniker för att producera färdigvara från restströmmar baseras på pilotprojekt. I pilotprojekten har data samlats in baserat på genomförda tester vid pilotanläggningar. De potentiella förädlingsprocesserna som har föreslagits är autoklavering i kombination med blanchering, mikrovågsbehandling genom pastörisering eller sterilisering, samt frysning i kombination med blanchering. I Tabell 1 ges en översikt av de studerade produkterna.

© RISE Research Institutes of Sweden

Tabell 1. Översikt av de studerade produkterna i projektet och beskrivning av slutgiltig färdigvara i butik. FV = färdigvara

Scenario	Benämning av vara i rapport	Input	Förädling	Färdigvara i butik
Grundscenario	FV grund	Klass 1 grönkål	Endast paketering	Hela grönkålsblad i 200 g påse
Alternativt scenario	FV 1a	Reststrom	Mikrovågsbehandling med pastörisering	Pastöriserad produkt av reststrom
	FV 1b	Reststrom	Mikrovågsbehandling med sterilisering	Steriliserad produkt av reststrom
	FV 2	Reststrom	Autoklavering	Autoklaverad produkt av reststrom
	FV 3	Reststrom	Frysning	Fryst produkt av reststrom

I Figur 1 beskrivs ett förenklat processflöde för konventionell grönkålsodling och grundscenariot. Primärproduktionen börjar med förberedelse av fältet innan odling där en del insatsmedel används. Efter skörd plogas resterande grönkål ner i fältet, medan klass 1 grönkål paketeras för vidare transport till grossist och butik.



Figur 1. Förenklat processflöde grundscenario odling grönkål. Orangea boxar representerar produktion av insatsmedel eller elektricitet. Grön box representerar produkt ut från system.

© RISE Research Institutes of Sweden

2.3 Metod

2.3.1 Funktionell enhet

Den funktionella enheten är den produktenhet till vilken alla resurser och emissioner i klimatberäkningen ska relateras till. Den funktionella enheten bör spegla produktens funktion. För livsmedel uttrycks vanligen miljöpåverkan per kg livsmedel.

För att undersöka hur klimatavtrycket för grönkål påverkas vid uttag av reststrom har den funktionella enheten **1 kg färsk grönkål eller reststrom vid fältkant** valts. Resultaten presenteras även för **1 kg grönkål hela blad i butik**. För analys av klimatpåverkan av de olika förädlingsteknikerna vid behandling av restströmmar är den funktionella enheten **1 kg färdig vara i butik**.

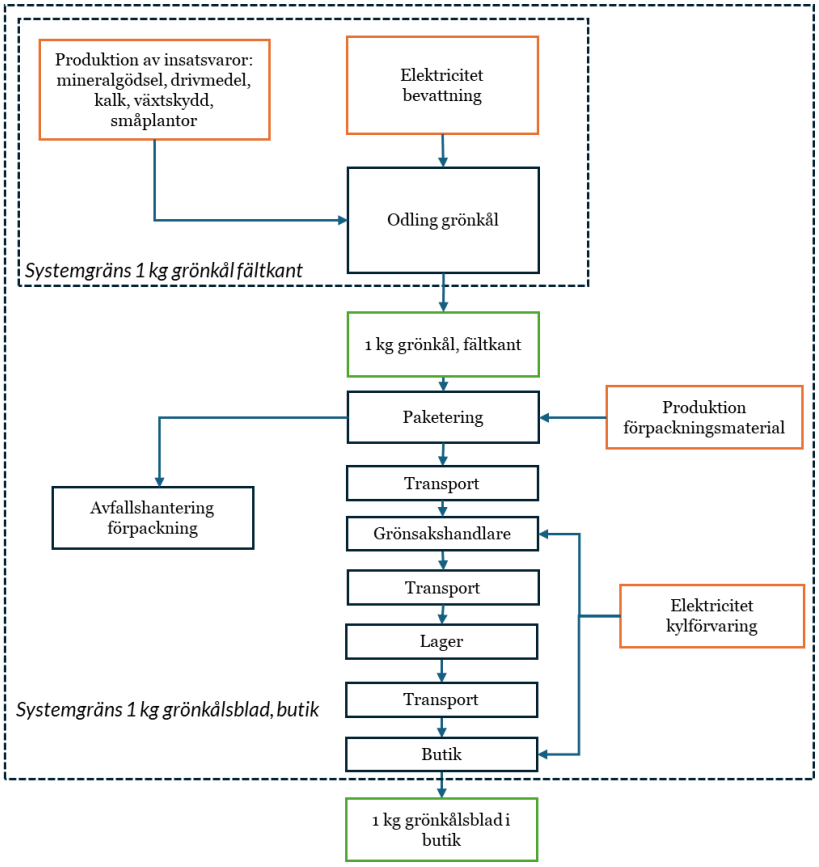
2.3.2 Systemgräns

Den här studien analyserar grönkålsodlingen fram till färdigvara i butik. Systemgränsen visualiseras i Figur 2 för grundscenariot, där inga restströmmar tas ut från fält för vidare förädling. Systemet är en analys från **"vagga till färdigvara i butik",** inklusive avfallshantering av förpackning efter konsumtion.

I odlingssteget ingår bland annat produktion av insatsmedel (gödsel, växtskydd, kalk och utsäde), drivmedel för fältarbete, energianvändning för bevattning, samt markutsläpp från kväve och kalk som genererar emissioner i form av lustgas respektive koldioxid.

För färdigvara i butik i grundscenariot, paketeras skördade grönkålsblad på gården, vanligtvis i en 200g påse. Sedan transporteras de förpackade grönkålsbladen till grossist och lager, och till sist sker transport till butik.

© RISE Research Institutes of Sweden

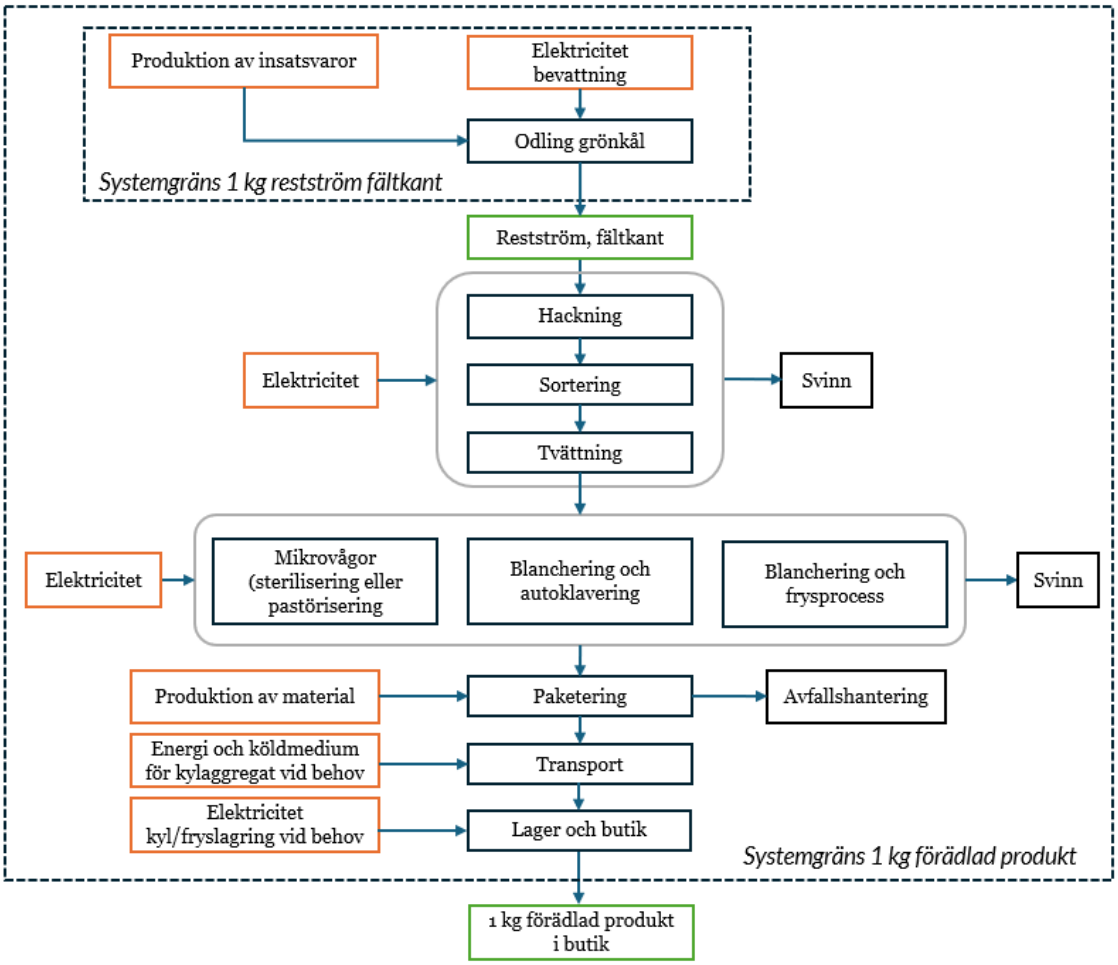


Figur 2. Systemgräns för 1 kg grönkål (grundscenario) vid fältkant respektive 1 kg grönkålsblad i butik, med förpackning. Orangea boxar representerar produktion av insatsmedel eller elektricitet. Gröna boxar representerar produkt ut från system.

I scenariot där restströmmar förädlas sker en rad processer som illustreras i Figur 3. Efter odling och tillvaratagande på restströmmarna, sker en gemensam förberedande process som inkluderar hackning, sortering, tvätt och avvattning av grönkålen. Därefter kan restströmmen förädlas. I denna studie undersöks förädlingsprocesserna mikrovågsbehandling, autoklavering och en frysprocess som har föreslagits enligt genomförda pilotprojekt.

Förädling med *mikrovågor* innebär en värmebehandlingsprocess som förlänger produktens hållbarhet. Värmebehandlingen kan ske i form av pastörisering som resulterar i en kyllagrad produkt, men även i form av sterilisering som resulterar i en produkt som inte behöver lagras i kyl. I fallet med *autoklavering* sker det i kombination med en blanchering där produkten sedan vakuumpackas och inte kräver kyl. Till sist, kan produkten också *frysas*, även då i kombination med en blanchering. Efter förädlingsprocesserna paketeras produkterna och transporteras till grönsakshandlare, lager och butik, likt grundscenariot.

© RISE Research Institutes of Sweden



Figur 3. Systemgräns för 1 kg förädlad produkt (alternativt scenario) i butik, med förpackning. Orangea boxar representerar produktion av insatsmedel eller elektricitet. Gröna boxar representerar produkt ut från system. Bidrag från energi eller elanvändning för kyl eller fryslagring vid behov syftar på de förädlade produkter som kräver sådan förvaring, det vill säga produkter från pastörisering och frysprocess. Andel svinn i processanläggningen skiljer sig, beroende på vilken teknik som avses.

2.3.3 Datakällor och datakvalitet

Majoriteten av data för primärledet (odling av grönkål) utgörs av primärdata, det vill säga har erhållits direkt via grönkålsodlare samt rådgivare Jonas Jönsson. Några datapunkter har behövt samlas in från sekundära källor, eller beräknats utifrån kända primärdata. Exempelvis uppgifter om bevattning har hämtats från tidigare klimatavtrycksberäkningar av svenska grönsaker (Landquist & Woodhouse, 2015) samt uppgifter om fältarbete har omräknats till drivmedelsförbrukning per hektar m.h.a. maskinkostnadskalkyl (Hushållningssällskapet, 2019). Överlag anses data för primärledet vara av god kvalitet.

I grundscenariot har uppgifter om distributionskedjan, mängd förpackning samt typ av förpackningsmaterial uppskattats från Jonas Jönsson. Även dessa data anses vara av god kvalitet, även om uppskattningar gällande avstånd för distribution behövt göras, samt antal dagar för kylförvaring.

© RISE Research Institutes of Sweden

För de förädlade produkterna som tillverkas på restströmmen bygger uppgifter om förädlingsprocesserna på en kombination av primära och sekundära data. Primära data har erhållits via databaserna Scopus, Science Direct och Google Scholar, med stöd av Birgitta Raaholt, senior forskare inom processteknik och elektromagnetik, RISE. Data bygger på litteraturstudier. Rimliga antaganden har gjorts baserat på litteratur, exempelvis uppgifter om energieffektivitet och produkternas hållbarhet. Energiåtgång för de gemensamma, förberedande processerna (hackning, sortering och tvätt) har hämtats från LCI-databasen Agribalyse v.3.1. Eftersom denna del av projektet bygger på uppgifter från försök och ännu ingen kommersiell produktion kan data och resultat betraktas mer som indikativa än absoluta.

2.3.4 Allokering

I samband med LCA behöver man ofta hantera att produkten har en multifunktionalitet. Det vill säga att en process eller råvara ger upphov till flera olika huvudprodukter eller huvudprodukter och biprodukter. För att få en så rättvis beskrivning av produktens miljöpåverkan fördelar man ut emissioner relaterade till alla inflöden i processen och emissioner som uppstår i samband med processen mellan de olika produkterna.

För att fördela emissioner i samband med multifunktionella processer ger beslutshierarkin i ISO standarden för beräkning av produkters klimatavtryck vägledning (ISO 14067, 2018):

I första hand bör allokering undvikas genom att dela upp produktionen och dess resursåtgång i delområden där separat resursförbrukning specifikt kan relateras till de olika produkterna eller biprodukterna. Om detta inte är möjligt skall utsläppen allokeras baserat på fysiska eller underliggande fysikaliska förhållanden, exempelvis på massa (vikt) av eller energiinnehåll i de olika biprodukterna. Allokering kan också baseras på något annat förhållande mellan biprodukterna där det ekonomiska värdet är den vanligaste. Då allokeras produktionens utsläpp till produkterna i proportion till deras relativa ekonomiska värde i det steg där de produceras.

I föreliggande studie har processer som ger olika produkter hållits separata så långt det har varit möjligt. För odling av grönkål har dock allokering krävts för att separera mellan grönkål och reststrom. I detta fall har massallokering tillämpats, med hänsyn till produkternas torrsubstans, då inga andra fysikaliska samband varit kända. I dagsläget har restströmmen heller inget ekonomiskt värde.

2.3.5 Exkluderingar och antaganden

I denna studie har några antaganden behövts göras. För det alternativa scenariot där även restströmmar skulle utnyttjas har tre nivåer av uttag av reststrom från fält antagits (se mer information i kapitel 3.1). Dessa tre scenarion har antagits då det ställs kvalitetskrav även på reststrom för vidare förädling, men exakta krav för de olika förädlingsteknikerna är ännu okända. Därför har antaganden kring uttag för vidare förädling behövts.

Transportdistanser från fält till produktion, från produktion till lager och till butik har antagits baserat på modellering. Även antal dagar för lagring i kyl och frys har varit

© RISE Research Institutes of Sweden

uppskattade (se kapitel 3.3). På fältnivå har transport av insatsmedel (ex. gödsel, växtskydd, utsäde) exkluderats.

2.3.6 Metoder för klimatpåverkansbedömning

Klimatpåverkan från växthusgaser mäts i enheten koldioxidekvivalenter, CO_2e. För att klimatpåverkan ska kunna uttryckas i den gemensamma enheten måste de olika växthusgaserna (CO_2, CH_4, N_2O) viktas med avseende på hur stor påverkan varje given växthusgas har på klimatet under en given tidsperiod, vanligen satt till 100 år (benämns som GWP100), i relation till 1 kg koldioxid. Dessa viktningsfaktorer tas fram och uppdateras regelbundet av FN:s internationella klimatpanel, IPPC. I Tabell 2 presenteras de senast publicerade viktningsfaktorerna från IPCC 2021 (IPCC, 2021) som använts i denna rapport.

Tabell 2. Tillämpade karaktäriseringsfaktorer för klimatpåverkan.

GHG emission	IPCC 2021	Enhet
Koldioxid, CO2 -fossil	1	kg CO2e/kg
Koldioxid, CO2 -biogen*	+1/-1	kg CO2e/kg
Metan, CH4- fossil	29,8	kg CO2e/kg
Metan, CH4- biogen	27,0	kg CO2e/kg
Lustgas, N2O	273	kg CO2e/kg

**IPCC gör ingen skillnad på fossil respektive biogen koldioxid. Om biogena CO2-emissioner inkluderas i klimatavtrycket ska även upptaget av CO2 tas med.*

2.3.7 Lustgasemissioner från mark

Lustgasavgång från marken i samband med odling är en stor källa till växthusgasutsläpp. Lustgas (N_2O) är en kraftfull växthusgas och 1 kg lustgas motsvarar utsläppen av 273 kg koldioxid. Lustgas bildas när organiskt bundet kväve (N) i marken mineraliseras, från exempelvis skörderester, stallgödsel eller från markens organiska material. Även en del av det kväve som tillförs från mineralgödsel ombildas till lustgas när det omsätts i marken. Lustgasutsläppen kan ske som direkta lustgasemissioner huvudsakligen via de mikrobiologiska processerna denitrifikation, en syrefri process där nitrat (NO_3^-) ombildas till kvävgas (N_2), eller nitrifikation, processen där ammonium (NH_4^+) ombildas till nitrat och som sker under syrerika förhållanden. Lustgasutsläpp kan även ske genom så kallade indirekta lustgasutsläpp, när lustgasen tar omvägen via utlakning som nitrat eller via luften i form av ammoniak (NH_3), varav en mindre andel av dessa två föreningar ombildas till lustgas i senare steg (IPCC, 2019).

För att beräkna lustgasemissioner från grönkålsodling har IPCCs metod följts (IPCC, 2019). Dataunderlag för dessa beräkningar finns nedan i Tabell 3. Enligt IPCC:s metod antas 1 % av kväve i mineralgödsel, växtrester och annan tillförsel av kväve än mineralgödsel avgå som direkta lustgasutsläpp (som lustgaskväve, N_2O-N). Av kväveläckaget (kg N/ha) antas 1,1 % av kvävet avgå som indirekta lustgasutsläpp (N_2O-N) samt 11 % av kvävet tillfört via mineralgödsel antas ombildas till ammoniak-kväve och därefter ombildas 1 % till N_2O-N.

© RISE Research Institutes of Sweden

Tabell 3. Dataunderlag och källor som tillämpats vid beräkning av lustgasemissioner från marken. Uppgifter om kvävegödsling återfinns i Tabell 4.

	Värde	Källa/metod
Skördade produkter		
Torrsubstanshalt	22 %	TS-halt prov från biomassa i fält
Ovanjordiska skörderester		
Mängd ovanjordiska skörderester	150 % av ovanjordisk skörd	Uppskattning från fält
Kväveinnehåll	3,4 % av TS	Kväveprover från biomassa i fält
Underjordiska skörderester		
Mängd underjordiska skörderester	Som vårraps: 22 procent	Enligt IPCC, procent av total biomassa ovan jord
Kväveinnehåll	Antagit samma som ovanjordiska skörderester	Kväveprover från biomassa i fält
Utlakning		
Kväveutlakning	34 kg N/ha	Beräknat med hjälp av verktyget VERA

3 Datainventering

3.1 Grönkålsodling

Datainventering för grönkålsodlingen redovisas i Tabell 4. Till största del har primärdata varit tillgänglig. Energianvändning för bevattning och mängd drivmedel som har använts för fältarbete, har beräknats med hjälp av eller hämtats från sekundära källor: Hushållningssällskapet (2019) respektive Landquist et al (2015).

Tabell 4. Inventeringsdata för konventionell grönkålsodling (grundscenario), per 1 ha

Data	**Enhet**	**Värde**
Skörd klass 1 grönkål	kg/ha	12 000
Skörderester kvar i fält	kg/ha	18 000
Skördepotential	kg/ha	30 000
Uttag av reststrom	kg/ha	0
Torrsubstans vid skörd	%	22
Mullhalt	%	1
Jordart	% ler	10
Kvävegiva	kg/ha	157
Kalk (kalksten)*	ton/ha	1,2
Mikronäring	kg/ha	10
Växtskydd, ogräsmedel	l/ha	3,8

© RISE Research Institutes of Sweden

Data	Enhet	Värde
Växtskydd, insektsmedel	l/ha	2,25
Växtskydd, insektsmedel	kg/ha	2
Bevattning, energiåtgång	kWh/ha	250
Drivmedel för fältarbete**	l/ha	134

**Kalkning med ca 6 ton kalksten görs ungefär vart 5e år.*
***De fältarbeten som ingår är vårplöjning, bäddfräs, plantering, radhackning x 2, sprutning x 7, skörd x 2, mineralgödselspridning x 2, nedplöjning växtrester efter skörd.*

Utöver grundscenariot där inga restströmmar utnyttjas har tre scenarion tagits fram med olika uttag av restströmmar från fält. Dessa scenarion har utgått från att det ställs kvalitetskrav på restströmmar för vidareförädling och en första sortering har antagits ske i fältet. Den totala mängden restströmmar som uppstår i fält har uppskattats till 18 000 ton/ha och tre olika nivåer av uttag har antagits enligt Tabell 5 nedan.

Tabell 5. Antaganden om skörd i de olika scenarierna där tre olika nivåer av uttag av restströmmar har antagits.

Scenario	Uttag restström [%]	Uttag restström [kg/ha]	Uttag klass 1 [kg/ha]	Totalt skördeuttag [kg/ha]	Skörd av skördepotential [%] *
Grund	0%	0	12 000	12 000	40%
Låg	25%	4 500	12 000	16 500	55%
Medium	50%	9 000	12 000	21 000	70%
Hög	75%	13 500	12 000	25 500	85%

**Totala skördepotentialen är 30 000 kg/ha om uttaget av restströmm är 100%*

Genom att jämföra dessa scenarion undersöktes hur klimatavtrycket av grönkål påverkas genom olika uttag av restströmmar och av ökad skördepotential från fältet.

3.2 Förädling och förpackning

I grundscenariot analyseras produkten hela grönkålsblad i butik som inte kräver någon vidare förädling och paketeras på gården (se kapitel 2.3.2). För grundscenariot blir endast bidrag från förpackning och kyllagring relevant. Datainventering för grundscenariot redovisas i Tabell 6. Kyllagring inkluderar lagring på fabrik, grossist och i butik. Det vill säga bidrag från lagring hos konsument ingår inte. För färsk grönkålsvara packas produkten i SRS backar för vidare transport från fältet. I grundscenariot inkluderas därmed sekundär förpackning i form av SRS back, hellåda.

© RISE Research Institutes of Sweden

Tabell 6. Inventeringsdata för förädling och förpackning i grundscenariot. Enheten är per 1 kg färdigvara, hela grönkålsblad klass 1

Grundscenario		
Data	**Enhet**	**Värde**
Skördad grönkål	kg	1
Svinn	%	0
Primär förpackning, mängd polypropylen för 1 kg grönkål	g	25,6
Sekundär förpackning SRS back, hellåda per 1 kg grönkål	g	360
Materialåtervinning plast (resten går till förbränning)	%	35
Kyllagring	kWh	0,011
Total hållbarhetstid färdig vara*	dagar	13

För det alternativa scenariot där restströmmar förädlas, studeras de tre förädlingsteknikern mikrovågsbehandling med pastörisering eller sterilisering, autoklavering och frysning (se avsnitt 2.3.2). Innan förädlingsprocesserna sker en rad förberedande steg som är gemensamma för samtliga förädlingstekniker (se Figur 3). Datainventering för förädlingsteknikerna och gemensamma processer redovisas i Tabell 7. För förädlade produkter antas samma förpackningsmaterial och resursåtgång som i grundscenariot. Återigen, inkluderar kyllagring lagring i processanläggningen och i butik, men exkluderar lagring hos konsument. Genom att förädla grönkål med dessa tekniker förlängs den totala hållbarheten, vilket visas i inventeringstabellen. Grönkålsråvaran som används vid förädling har antagits att hanteras i bulk utifrån diskussion med Jonas Jönsson. Därmed har bidraget från SRS back uteslutits för de förädlade produkterna.

Inflödet för de gemsamma processerna och för vidareförädling är skördad reststrom från fältet. I och med ännu okända kvalitetskrav i processindustrin togs tre scenarier fram med varierande andel uttag av reststrom från fält (se Tabell 5). Scenariot som har valts som inflöde för vidare förädling är *"Medium"* för samtliga tekniker, där ett antagande görs att 50% av den totala mängden producerad reststrom kan utnyttjas för vidareförädling i processindustrin.

© RISE Research Institutes of Sweden

Tabell 7. Inventeringsdata för förädling per 1 kg förädlad produkt. Bidrag från förpackning antas vara samma som grundscenariot (se Tabell 6).

Gemensamma förberedande steg		
Data	**Enhet**	**Värde**
Hackning, sortering, tvätt och avvattning, energiåtgång	kWh/kg reststrom	0,03
Teknik 1 – Värmebehandling med mikrovågor		
Data	**Enhet**	**Värde**
Mikrovågor – pastörisering, energiåtgång	kWh	0,13
Mikrovågor – steriliserings, energiåtgång	kWh	0,43
Svinn	%	1,4
Kyllagring steriliserings	kWh	0,0
Kyllagring pastörisering	kWh	0,018
Total hållbarhet färdig vara – pastöriserad produkt	dagar	60
Total hållbarhetstid färdig vara – steriliserad produkt	dagar	1 826
Teknik 2 – Blanchering och autoklavering		
Data	**Enhet**	**Värde**
Blanchering energiåtgång	kWh/kg färdig vara	0,26
Autoklavering energiåtgång	kWh/kg färdig vara	0,62
Svinn	%	35,5
Kyllagring	kWh	0,0
Total hållbarhetstid färdig vara	dagar	183
Teknik 3 – Blanchering och frysning och efterföljande fryslagring		
Data	**Enhet**	**Värde**
Blanchering energiåtgång	kWh	0,26
Frysning energiåtgång	kWh	0,36
Svinn	%	35,5
Fryslagring, energiåtgång	kWh	0,092
Total hållbarhetstid färdig vara	dagar	365

© RISE Research Institutes of Sweden

3.3 Distribution och lagring i kyl och frys

Distributionen av färdigvara från industrigrind, till lager och vidare till butik har beräknats enligt samma metod som användes av (Davis, o.a., 2011) för distribution av livsmedel i Sverige. Modellen uppskattar ett genomsnittligt avstånd på 477 km till lager och ytterligare 64 km till dagligvaruhandel i Sverige. Avstånden som använts har sammanställts i Tabell 8 nedan. Lastbilstransporterna som använts vid modellering är hämtade från Network for Nordic Transport Measures (NTM, 2021). Lastgraden har antagits vara 50 % för färsk klass 1 grönkål och 70% för förädlade produkter, samt inga tomma returer (pers. kom Jönsson, 2024). Lastgraden har antagits att stiga då oavsett förädlingsteknik, blir produkten mer koncentrerad medan färsk grönkål är betydligt mer rymlig. För kyld och fryst transport har klimatavtrycket antagits att öka med 25% jämfört med vanlig transport. Detta har baserats på jämförelse av transportprocesser i Ecoinvent. Distributionsdistanserna har antagits att gälla för både grundscenariot och i det alternativa scenariot med de förädlade produkterna av reststrom.

Tabell 8. Distribution av färdigvara från respektive produktionsanläggning till butik i Sverige.

	Avstånd	Enhet	Lastbilsstorlek som använts
Sverige			
Fält till grönsakshandlare (klass 1) eller processanläggning (reststrom)	25	km	Lastbil 12–14 t
Genomsnitt, grönsakshandlare (färsk grönkål) eller processanläggning (förädlade produkter) till lager	477	km	Lastbil 12–14 t
Genomsnitt, centrallager till dagligvaruhandel	64	km	Lastbil 12–14 t

Förutom transport till butik går det åt energi för att kyla och frysa produkterna till dess att de förtärs. Data från Energimyndigheten, omarbetad av RISE, har använts (Energimyndigheten, 2010) där genomsnittlig energiåtgång för att kyla en viss mängd livsmedel, i kyllager av olika storlekar, per dag har tagits fram för butik och lager. Antaganden har gjorts angående produkternas totala hållbarhet som fördelas mellan produktionsanläggning, återförsäljare och konsument. Energiförbrukning hos konsument har dock inte inkluderats då det ligger utanför studiens systemgräns. För grundscenariot har antaganden för uppehållstider gjorts utifrån kommunikation med Jonas Jönsson och för de förädlade produkterna har antaganden gjorts av Birgitta Raaholt, se Tabell 9. Då information saknas om hur länge produkten faktiskt lagras innan den förtärs har det konservativa antagandet gjorts att hela hållbarhetsperioden utnyttjas, dock att ett visst antal dagar spenderas hos konsument.

© RISE Research Institutes of Sweden

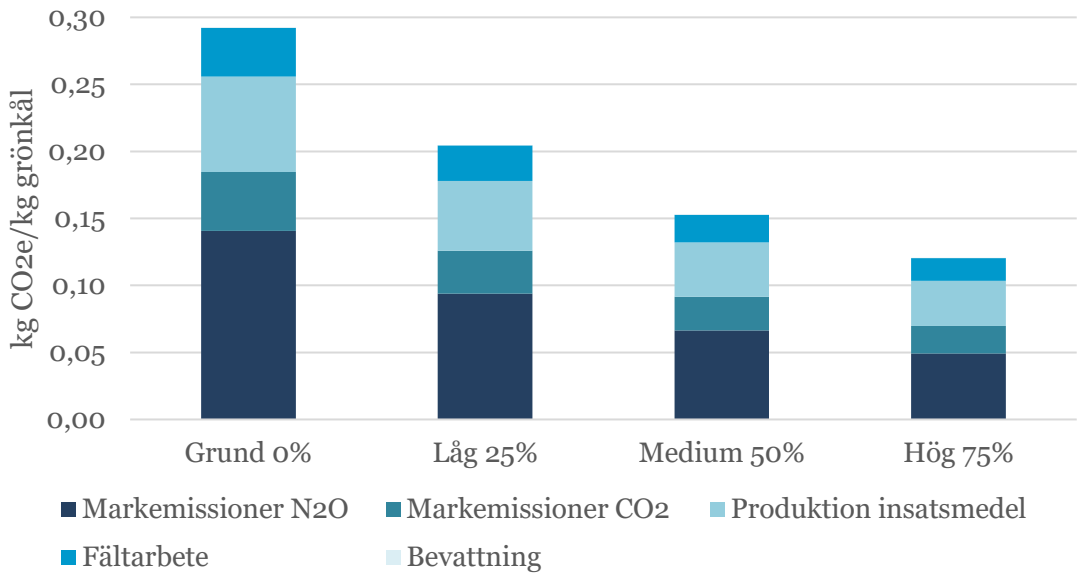
Tabell 9. Uppehållstid för produkter fördelat mellan olika kyl- och fryslager. FV = färdigvara.

	Produkt	Total hållbarhet [dagar]	Produktionsanläggning [dagar]	Grossist/butik [dagar]
FV Grund	Färsk grönkål, hela blad, kyld	13	2	6
FV 1a	Pastöriserad produkt, kyld	60	13	
FV 1b	Steriliserad produkt	1 826	Ej kyld eller fryst	
FV 2	Autoklaverad produkt	183	Ej kyld eller fryst	
FV 3	Fryst produkt	365	56	

4 Resultat

4.1 Klimatavtryck vid olika uttagsnivåer av restströmmar

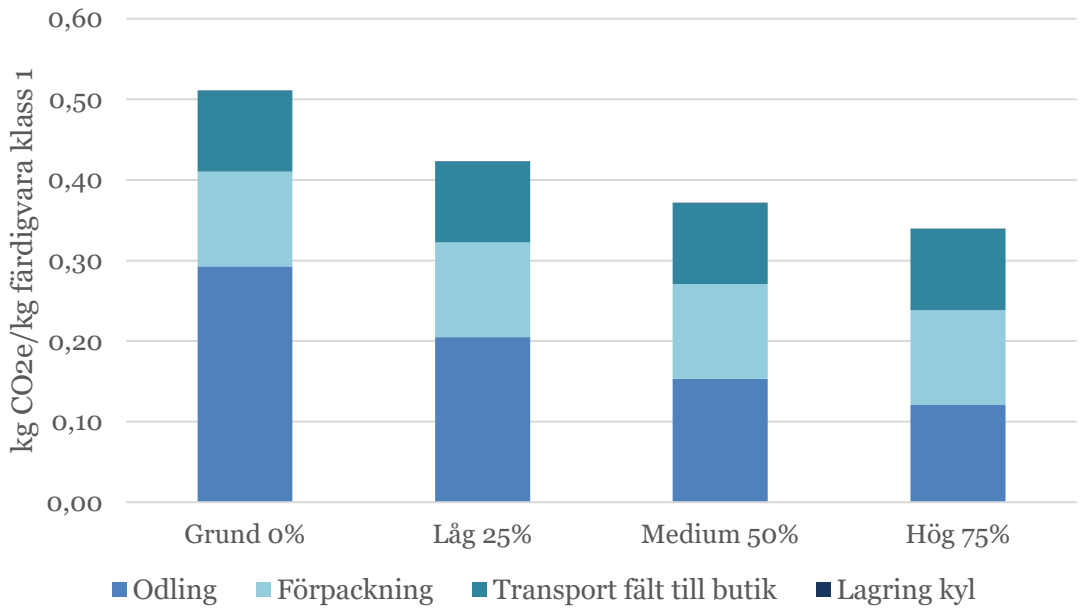
I Figur 4 redovisas resultatet av klimatavtrycket för 1 kg grönkål vid fältkant. I bilagor redovisas klimatavtrycket i tabellform med detaljerade siffror (Tabell B1). Resultatet visar att grundscenariot har ett klimatavtryck på 0,29 kg CO2e/kg grönkål och klimatavtrycket minskas successivt med ökat uttag av grönkål från fältet. Vid ett uttag på 75% av restströmmarna där 85% av skördepotentialen utnyttjas, är klimatavtrycket 0,12 kg CO2e/kg grönkål. Detta motsvarar en minskning av klimatavtrycket på nästan 60%. Markemissioner av lustgas från gödsel och växtrester utgör det största bidraget till klimatavtrycket, nästan 50%, medan bevattning är i princip ett försumbart bidrag.



© RISE Research Institutes of Sweden

Figur 4. Klimatavtrycket för de olika scenarierna per 1 kg skördad grönkål, där ”grund” är konventionell odling där inga restströmar tas ut, och ”låg, medium och hög” representerar det alternativa scenariot där även restströmar tas ut från fält till olika grad.

Efter odlingssteget studerades även färdigvara i butik. I Figur 5 redovisas klimatavtrycket för 1 kg hela grönkålsblad av klass 1 kvalité, från odling till färdigvara i butik. I bilagor redovisas detaljerade siffror av resultatet (Tabell B2). Resultatet i Figur 5 illustrerar hur klimatpåverkan reduceras vid ökat uttag av grönkål från fältet, från 0,51 kg CO2e/kg i grundscenariot till 0,34 kg CO2e/kg vid det högsta uttaget av reststrom. För färdigvara i butik är det odlingssteget som bidrar till majoriteten av klimatavtrycket i grundscenariot, 57%. Vid ett uttag på 75% av restströmmarna har bidraget från odling minskat till 36%. Detta beror dels på en stor minskning av lustgasemissioner från marken (se Tabell B2) och att mindre resurser krävs per kg grönkål vid odlingssteget vid högre skördar.



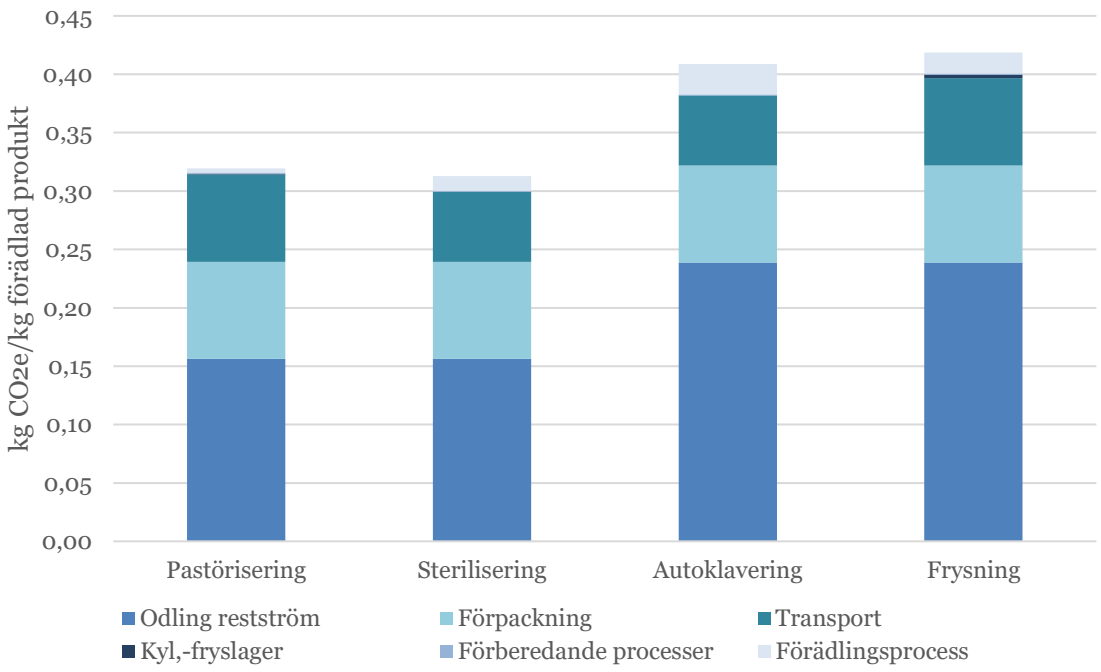
Figur 5. Klimatavtrycket för de olika scenarierna per 1 kg hela grönkålsblad i butik, där ”grund” är konventionell odling där inga restströmar tas ut, och ”låg, medium och hög” representerar det alternativa scenariot där även restströmar tas ut från fält till olika grad.

4.2 Klimatavtryck förädlade produkter på reststrom

Klimatavtrycket för de förädlade produkterna med respektive processteknik redovisas i Figur 6, från odling till färdigvara i butik. För detaljerade siffror, se Tabell B3 i bilagor. Autoklavering och frysprocess är de tekniker som har störst klimatavtryck, 0,44 respektive 0,45 kgCO2e/kg, medan mikrovågsbehandling genom pastörisering eller sterilisering har något lägre avtryck, 0,34 och 0,33 kg CO2e/kg. Odlingen står fortsatt för en majoritet av påverkan, där svinn i förädlingsledet har en stor påverkan på hur stort avtrycket från odlingen blir. Både autoklavering och frysprocessen har betydligt större svinn i processen jämfört med mikrovågsbehandling. Högre svinn innebär ett behov av större inflöde av grönkål, och därmed högre avtryck från odlingen. Bidragen från

© RISE Research Institutes of Sweden

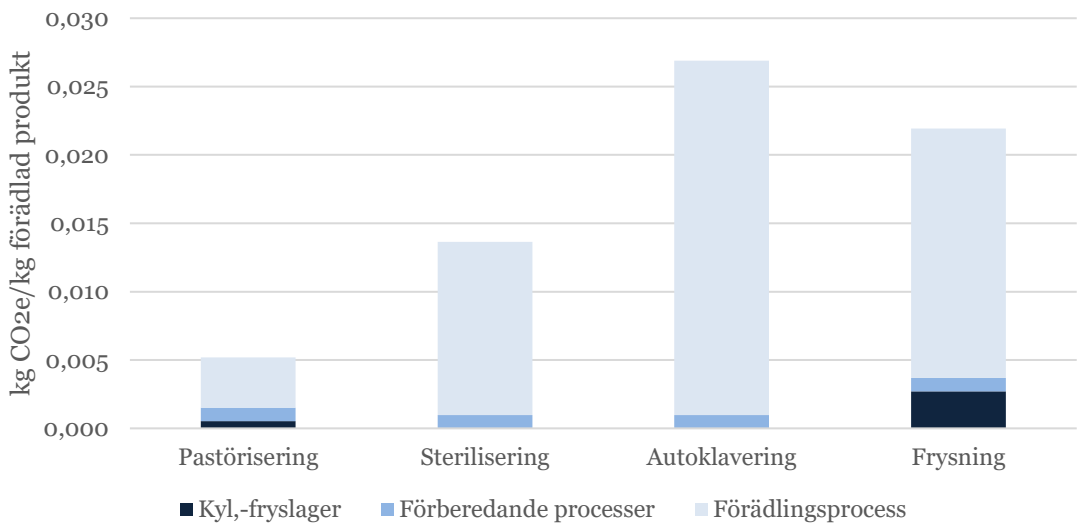
respektive förädlingsteknik är små i jämförelse med övriga aktiviteter. Även kyl – eller fryslagring för pastöriserad och fryst produkt har i princip försumbara bidrag. Transportbidragen från pastöriserad och fryst produkt blir högre på grund av behov av kyld eller frysta transporter.



Figur 6. Klimatavtryck för 1 kg förädlad produkt med respektive förädlingsteknik, mikrovågsbehandling med pastörisering eller sterilisering, autoklavering och frysning. Resultaten inkluderar bidrag från odling till butik. Inflödet av reststrom har baserats på scenariot *"medium"*, där antagandet har gjorts att 50% av total producerad reststrom går vidare till förädling.

För att sätta processteknikerna i fokus, redovisas även klimatavtrycket utan bidrag från odling, transport och förpackning (Figur 7). Autoklaveringsprocessen har det högsta klimatavtrycket av de fyra processerna, på grund av högre energianvändning och pastörisering har det lägsta avtrycket. Men då både pastöriserad och fryst produkt kräver kyld respektive frysta transporter, blir klimatavtrycket högre totalt sett vilket visas i Figur 6.

© RISE Research Institutes of Sweden



Figur 7. Klimatavtryck för 1 kg förädlad produkt med respektive förädlingsteknik, mikrovågsbehandling med pastörisering eller sterilisering, autoklavering och frysning. De två sistnämnda inkluderar även en blancheringsprocess. Resultaten inkluderar energianvändning i processindustrin och eventuell kyl – eller fryslagring.

4.3 Känslighetsanalys

4.3.1 Ekonomisk allokering av biprodukter i fält.

Figur 4 visar resultaten av klimatpåverkan och hur denna reduceras vid ett ökat uttag av grönkål. I denna figur är utsläppen lika fördelade per viktenhet mellan klass 1 grönkål och de utvunna restströmmarna, enligt principen massallokering.

Enligt den branschgemensamma metodiken, PEFCR Guidance 6.3 och IDF (2022) så förordas ekonomisk allokering för primärproduktion- odling. Det vill säga att utsläppen fördelas på de olika produkterna utifrån det ekonomiska värdet. Vi har i denna studie inte haft uppgifter kring de ekonomiska förhållandena, men för att förstå hur detta påverkar beräkningarna har vi gjort en känslighetsanalys enligt Tabell 10 nedan.

Vi har valt att titta på två möjliga varianter:

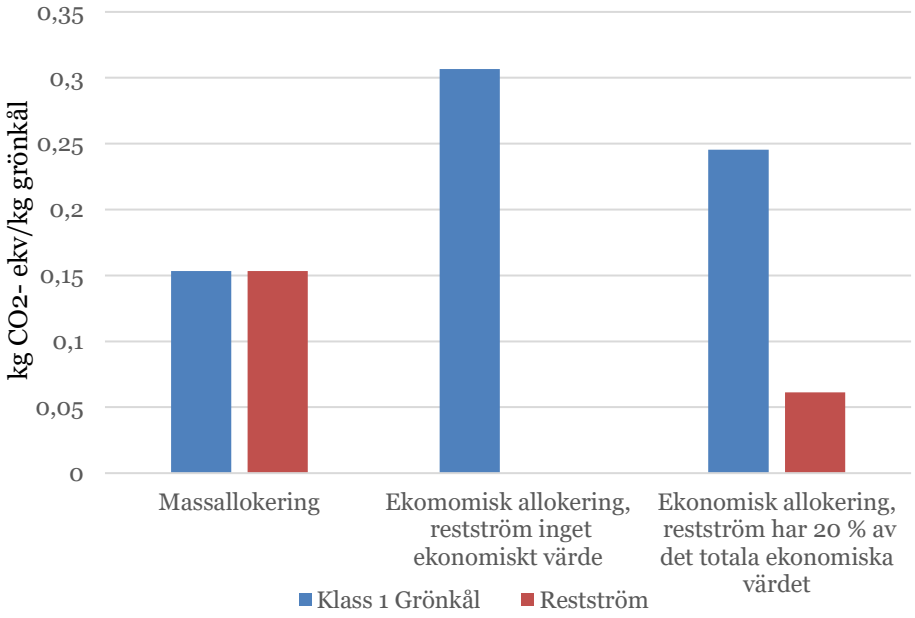
1. Restströmmen har inget värde och alla utsläpp allokeras till klass 1 grönkål
2. Restströmmen beräknas säljas för 5 kr/kg och utgör 20 % av det totala värdet av produkterna.

© RISE Research Institutes of Sweden

Tabell 10. Andel av det totala utsläppet som fördelas till Klass 1 grönkål respektive reststrom, enligt scenario "Medium", 50 % uttag av restströmmen

	Grundscenario: Massallokering	Ekonomisk allokering Restströmmen är inget värd.	Ekonomisk allokering Restströmmen har visst värde
Klass 1 Grönkål	57 %	100 %	80 %
Reststrom	43 %	0 %	20 %

I Figur 8 visas klimatavtrycket för klass 1 grönkål respektive reststrom i grundscenariot med massallokering, för ekonomisk allokering där restströmmen inte har något värde och ekonomisk allokering där restströmmen har 20 % av det totala ekonomiska värdet av grönkål från fält. Resultatet visar att klimatavtrycket från restströmmen påverkas starkt av val av allokering.



Figur 8. Klimatavtryck för 1 kg grönkål, scenario "Medium", uppdelat på klass 1 grönkål respektive reststrom för tre olika allokeringsval.

© RISE Research Institutes of Sweden

5 Diskussion

Den här studien har visat att odlingen har det största bidraget till klimatavtrycket för färdig grönkålsvara. Ökade skördenivåer och uttag från fält har en stor betydelse för att minska klimatavtrycket. Vid konventionell grönkålsodling har uppskattningen gjorts att endast 40% av den totala skördepotentialen utnyttjas idag (se Tabell 5). Om vi däremot skulle utnyttja 85% av skördepotentialen, motsvarande vårt scenario där 75% av restströmmar skördas, reduceras klimatavtrycket med nästan 60%. Skördenivån får stor betydelse då insatserna per hektar fördelas på en större mängd grönkål, därmed minskar klimatavtrycket per kg grönkål.

Från odlingen är det markemissioner i form av lustgas som står för majoriteten av odlingens klimatbidrag. Därför blir insatser för att minska markemissioner från lustgas en viktig klimatåtgärd. Det är framförallt direkta lustgasemissioner som är det stora bidraget medan indirekta lustgasemissioner i form av kväveläckage och deposition av kväve är mindre betydande (Tabell B1). Vad gäller direkta lustgasemissioner är det mängden mineralgödsel och kvarlämnande växtrester som är de två stora utsläppsposterna. Desto mer kvarlämnade växtrester, desto större nedbrytning och omsättning av organiskt material som bildar lustgas. Återigen, belyser detta betydelsen av att öka skördenivåerna och lämna mindre restströmmar i fältet, men även en effektiv strategi för optimal kvävegödsling.

Även rapporten från Landquist et al. (2015) som beräknat klimatavtryck för grönsaker från Findus (inklusive grönkål), kommer fram till liknande slutsatser. Det vill säga att både skördenivå och markemissioner i form av lustgas är betydande för storleken på klimatavtrycket. Dock, vår studies klimatavtryck vid fältkant är avsevärt högre än i Landquist et al. (2015), 0,29 kg CO_2e/kg grönkål (grundscenario) jämfört med 0,16 kg CO_2e/kg. Bidraget från lustgasemissioner i Landquist är ca 0,08 kgCO_2e/kg lägre, dels på grund av lägre kvävegiva men de nämner även att mängd skörderester är en osäker faktor som baserats på uppskattningar från Findus. Det nämns inte om Findus uppskattningar har mätts i fält, men vår studie kan anses ha goda uppmätta uppskattningar från mängd skörderester i fält. Detta kan betyda att vår studies beräkningar av markemissioner stämmer mer överens med verkligheten. En ytterligare faktor som kan förklara denna studies högre klimatavtryck är att markemissioner i form av CO_2 från kalkning ingår, vilket inte Landquist har inkluderat.

I känslighetsanalysen som vi har gjort i denna studie visar vi att allokeringsmetoden har en stor påverkan på hur de totala utsläppen från grönskålsodlingen fördelas mellan reststrom och klass 1 grönkål. Det går att argumentera för att massallokering (använd i denna studie) där utsläppen fördelas lika per kg produkt ut från fält troligen överskattar restströmmens utsläpp per kg grönkål (och därmed underskattar utsläppen från klass 1 grönkål i våra case låg, medium och högt uttag av grönkål från fält). Ett mer korrekt tillvägagångssätt är att använda ekonomisk allokering mellan huvudprodukt och biprodukt där det ekonomiska värdet på de båda produkterna vägleder hur fördelningen av utsläppen görs. Detta är något som kan genomföras i framtida analyser när man har en bättre bild av restproduktens ekonomiska värde.

För förädlade produkter gjort på restströmmar, visar resultaten att autoklavering och frysning är de processer som har något högre klimatpåverkan, jämfört med

© RISE Research Institutes of Sweden

mikrovågsbehandling med pastörisering eller sterilisering (se Figur 6). Odlingen står fortsatt för det högsta bidraget till klimatavtrycket. Då autoklavering och frysprocessen har betydligt högre svinn i processanläggningen jämfört med mikrovågor, krävs ett större inflöde av grönkål för att få ut 1 kg behandlad produkt, därav högre klimatavtryck för dessa processer. Det större svinnet för autoklavering och frysning beror på att en större del av plantan sorteras bort och flera tvättprocesser är nödvändiga. För mikrovågsbehandling som värmer grönkålen, kan en större del av plantan användas och det blir endast ett litet svinn i den förberedande tvättprocessen. Andel svinn i denna studie har baserats på antaganden från Plazzotta et al., 2017.

Jämför man enbart förädlingsteknikernas bidrag mot varandra (se Figur 7), har autoklavering och frysning fortsatt de högsta klimatavtrycken. Energianvändningen för dessa processer är högre jämfört med mikrovågor, framförallt i autoklaveringen. I jämförelse med övriga aktiviteter (odling, transport och förpackning), står bidragen från processanläggningen för en ytterst liten del av klimatavtrycket. Förbättringar i odlingssteget genom bland annat högre uttag från fältet blir en väsentlig klimatåtgärd.

En intressant aspekt att lyfta, men som inte har tagits hänsyn till i klimatavtrycken, är att förädlingsprocesserna förlänger produkternas totala hållbarhet avsevärt i jämförelse med färsk grönkålsvara (se Tabell 9). Konsumenten kan alltså konsumera de behandlade produkterna under en längre tid, vilket skulle kunna innebära att en större volym utnyttjas jämfört med färsk klass 1 vara. Detta skulle kunna leda till minskat svinn i konsumentledet. Dessutom står kyl –och fryslager för en ytterst liten del av klimatavtrycket i det stora hela (från odling till färdigvara), och autoklaverad och steriliserad vara kräver varken kyl eller fryslager.

6 Slutsatser

För färdigvara, både färsk grönkålsvara och förädlade produkter, står odlingen för en klar majoritet av klimatpåverkan. I odlingen är det framförallt markemissioner i form av lustgas som är den betydande faktorn för klimatavtryckets storlek. Det finns en stor potential att reducera klimatpåverkan från odlingen genom ökade uttag från fältet. Genom ökade skördenivåer fördelas insatsmedel på en större mängd grönkål vilket sänker klimatavtrycket per kg råvara, samtidigt som mindre växtrester lämnas kvar för omsättning till lustgas.

Utav de studerade förädlingsteknikerna, visade det sig att autoklavering och frysning har högre klimatpåverkan jämfört med mikrovågsbehandling genom sterilisering eller pastörisering. Detta beror framförallt på det högre svinnet i processanläggningen för autoklavering och frysning som innebär ett behov av större inflöde av grönkål i processanläggningen. Klimatpåverkan från teknikerna i sig är ytterst små i jämförelse med de övriga aktiviteterna odling, transport och förpackning. För att minska klimatavtrycket från hela kedjan, det vill säga från odling till färdigvara, borde fokus vara på insatser och åtgärder i odlingssteget.

© RISE Research Institutes of Sweden

7 Referenser

Davis, J., Wallman, M., Sund, V., Emanuelsson, A., Cederberg, C., & Sonesson, U. (2011). *Emissions of Greenhouse Gases from Production of Horticultural Products - Analysis of 17 products cultivated in Sweden. SR 828.* . SIK.

Energimyndigheten. (2010). *Energianvändning i handelslokaler.* Eskilstuna: Statens energimyndighet.

Hushållningssällskapet. (2019). *Maskinkostnadskalkyl.* Hushållningssällskapet.

IPCC. (2019). *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories - Chapter 11_Volume 4 (AFOLU) N2O emissions from managed soils, and CO2 emissions from lime and urea application* . IPCC.

IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. .

ISO 14067. (2018). *Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification.* Brussels: Swedish Standards Institute.

Landquist, B., & Woodhouse, A. (2015). *Klimatavtryck av rotfrukter, grönsaker och kryddor - Analys av tio produkter odlade i Sverige. SIK rapport 894.* SIK.

NTM. (2021). *NTMCalc Advanced 4.0.* Hämtat från https://www.transportmeasures.org/sv/.

Trafikanalys. (den 28 maj 2021). *Resvanor.* Hämtat från Trafikanalys: https://www.trafa.se/kommunikationsvanor/RVU-Sverige/

Plazzotta, S., Manzocco, L., & Nicoli, M. C. (2017). Fruit and vegetable waste management and the challenge of fresh-cut salad. *Trends in food science & technology*, *63*, 51-59.

Personlig Kommunikation:

Jonas Jönsson. (2024). Rådgivare grönsaksodling, HIR Skåne.

Birgitta Raaholt (2024). Senior forskare inom processtekniker, RISE

© RISE Research Institutes of Sweden

8 Bilagor

Tabell B1. Växthusgasutsläpp för 1 kg grönkål vid fältkant [kgCO2e/kg], vid olika uttag av restströmmar.

Utsläppspost	GRUND 0%	LÅG 25%	MEDIUM 50%	HÖG 75%
Direkta emissioner från mark N2O	0,12	0,08	0,06	0,04
Indirekta emissioner från mark N2O	0,02	0,01	0,01	0,01
Emissioner från mark CO2	0,04	0,03	0,03	0,02
Produktion av insatsmedel	0,07	0,05	0,04	0,03
Fältarbete	0,04	0,03	0,02	0,02
Bevattning	0,00	0,00	0,00	0,00
Totalt	**0,29**	**0,20**	**0,15**	**0,12**

Tabell B2. Växthusgasutsläpp för 1 kg hela grönkålsblad i butik [kgCO2e/kg], vid olika uttag av restströmmar.

Utsläppspost	GRUND 0%	LÅG 25%	MEDIUM 50%	HÖG 75%
Emissioner från mark N2O totalt	0,14	0,09	0,07	0,05
Emissioner från mark CO2	0,04	0,03	0,03	0,02
Produktion av insatsmedel	0,07	0,05	0,04	0,03
Fältarbete	0,04	0,03	0,02	0,02
Bevattning	0,00	0,00	0,00	0,00
Totalt odling	0,29	0,20	0,15	0,12
Förpackning	0,12	0,12	0,12	0,12
Lagring - energi	0,00	0,00	0,00	0,00
Transport fält - butik	0,10	0,10	0,10	0,10
Totalt	**0,51**	**0,42**	**0,37**	**0,34**

© RISE Research Institutes of Sweden

Tabell B3. Växthusgasutsläpp för 1 kg förädlad produkt [kgCO2e/kg] med fyra olika förädlingstekniker. Klimatavtrycket från odlingen representerar bidrag från scenariot ”Medium”, där antaganden görs att 50% av totalt producerad reststrom utnyttjas i processindustrin.

Utsläppspost	**Pastörisering**	**Sterilisering**	**Autoklavering**	**Frysning**
Odling reststrom	1,56E-1	1,56E-1	2,39E-1	2,39E-1
Förberedande processer	9,72E-4	9,72E-4	9,72E-4	9,72E-4
Energianvändning förädlingsprocess	3,68E-3	1,27E-2	2,59E-2	1,83E-2
Förpackning	8,33E-2	8,33E-2	8,33E-2	8,33E-2
Kyl – frys lagring	5,30E-4	-	-	2,71E-3
Transport	7,48E-2	5,98E-2	5,98E-2	7,48E-2
Totalt	3,19E-1	3,13E-1	4,09E-1	4,19E-1

© RISE Research Institutes of Sweden

Through our international collaboration programmes with academia, industry, and the public sector, we ensure the competitiveness of the Swedish business community on an international level and contribute to a sustainable society. Our 2,800 employees support and promote all manner of innovative processes, and our roughly 100 testbeds and demonstration facilities are instrumental in developing the future-proofing of products, technologies, and services. RISE Research Institutes of Sweden is fully owned by the Swedish state.

I internationell samverkan med akademi, näringsliv och offentlig sektor bidrar vi till ett konkurrenskraftigt näringsliv och ett hållbart samhälle. RISE 2 800 medarbetare driver och stöder alla typer av innovationsprocesser. Vi erbjuder ett 100-tal test- och demonstrationsmiljöer för framtidssäkra produkter, tekniker och tjänster. RISE Research Institutes of Sweden ägs av svenska staten.

RISE Research Institutes of Sweden AB
Box 857, 501 15 BORÅS
Telefon: 010-516 50 00
E-post: info@ri.se, Internet: www.ri.se

Hållbar konsumtion och produktion I
RISE Rapport : 2025:24
ISBN: 978-91-90036-07-5

© RISE Research Institutes of Sweden