



# Utvärdering av konceptidé för reducerat matsvinn genom lufttorkning av väl mogen banan

---

Evaluation of concept idea for reduced food waste by air drying of well-ripe banana

---

Anton Berghamre & Rasmus Sjöstedt

---

Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap

---

Högskoleingenjörsprogrammet i energi- och miljöteknik

---

Examensarbete 15 hp

---

Lena Brunzell

---

Roger Renström

---

Juni 2019

---



## **Sammanfattning**

Med klimathot som ett växande problem så blir det mer och mer väsentligt att ta vara på våra resurser. Vår konsumtion har negativa effekter på klimatet genom olika slag av utsläpp, en av de största bidragarna till dessa utsläpp är matproduktion. Om vi kan minska matsvinnet så kan vi röra oss mot ett mer hållbart levnadssätt. Detta arbete hade i ändamål att undersöka om det är möjligt att ta vara på bananer från butiker som ej når upp till konsumenternas krav och därav slängs bort. Arbetet undersöker hur bananerna kan skivas och sedan torkas med en varmluftstork. Torkningen bestod av 18 individuella torkförsök där två temperaturer och tre torktider undersöktes. Arbetet rör även ekonomin kring de torkade skivorna och om de kan anses vara en säljbar produkt för matbutiker. I studien utförs även en förenklad jämförelse mellan torkning och biogasproduktion ur ett hållbarhetsperspektiv. För att avgöra om skivorna skulle kunna säljas på marknaden utfördes en enkätundersökning. Resultatet visar att bananerna kan torkas till en produkt som går att äta och genom detta kan matsvinnet minskas. Studien visar att skivorna bör torkas vid 70 °C och i 14 timmar för de torkade bananskivorna skall vara eftertraktade hos konsumenterna. Ett rimligt pris vid försäljning är mellan 101 och 125 kronor per kilogram. Om bananen torkas behåller den sitt matvärde vilket kan anses vara mer värdefullt än biobränsletillverkning.



## **Abstract**

With climate threats as a growing problem, it is becoming increasingly important to use our resources with care. Our consumption has negative effects on the climate through various types of emissions, one of the largest contributors to these emissions is food production. If we can reduce the food waste then we can move towards a more sustainable way of life. The purpose of this work was to investigate whether it is possible to take advantage of bananas from stores that do not meet consumer requirements and by that are thrown away. This study investigates how the bananas can be sliced and then dried with a hot air dryer. The drying consisted of 18 individual drying experiments where two temperatures and three drying times were investigated. The study also concerns the subject if the dried slices are a salable product for grocery stores. As well as a simplified comparison between drying bananas and biogas production from a sustainability perspective. In order to determine whether the banana slices could be sold, a questionnaire survey was conducted. The result shows that the bananas can be dried to a product that can be consumed and through this the food waste can be reduced. The study shows that the slices should be dried at 70 ° C and for 14 hours for the dried banana fruit to be sought after by consumers. A reasonable price for sales is between SEK 101 and 125 per kilogram. If the banana is dried it retains its food value, which can be considered more valuable than biofuel production.



## **Förord**

Denna rapport är tillhörande ett examensarbete på 15 högskolepoäng. Arbetet är skrivet för examen till högskoleingenjör inom Energi och miljöteknik vid Karlstad Universitet. Rapporten är författad och arbetet utfört under vårterminen 2019 av Anton Berghamre och Rasmus Sjöstedt.

Detta examensarbete har redovisats muntligt för en i ämnet insatt publik. Arbetet har därefter diskuterats vid ett särskilt seminarium. Författaren av detta arbete har vid seminariet deltagit aktivt som opponenter till ett annat examensarbete.

Vi vill ge ett tack till vår handledare Lena Brunzell som har hjälpt oss inte bara med viktiga insikter och diskussioner utan även material och utrustning. Vi vill även tacka COOP Konsum Välsviken som har försett oss med den frukt som behövts under arbetet.





## **Innehållsförteckning**

1. Inledning .....	1
2. Metod .....	3
2.1 Torkförsök .....	3
2.1.1 Torkprocess och förberedelser .....	4
2.1.2 Fukthalt .....	5
2.1.3 Massfördelning .....	6
2.1.4 Energi .....	6
2.2 Konzeptutvärdering .....	8
2.2.1 System .....	8
2.2.2 Biogas .....	8
2.2.3 Klimatpåverkan .....	9
2.3 Produkt .....	10
2.3.1 Enkätundersökning .....	10
2.3.2 Ekonomi .....	11
3. Resultat .....	13
4. Diskussion .....	19
5. Slutsats .....	23
6. Referenser .....	24

## 1. Inledning

En majoritet av världens forskare anser att en medeltemperaturökning med 2 grader Celsius kommer att ha förödande konsekvenser på vårt klimat. Vid klimatmötet i Paris 2015 enades flera av världens länder om att minimera sina utsläpp för att hålla temperaturökningen under 1,5 grader Celsius (Naturskyddsföreningen u.å.). För att undvika en 2 gradig ökning så måste hela världens utsläpp av växthusgaser minska. Det finns en mängd olika växthusgaser men den som är mest omtalad är koldioxid. Koldioxid är den vanligaste växthusgasen och vi frigör stora mängder koldioxid till atmosfären varje år (United States Environmental Protection Agency u.å.). Enligt en rapport av Hiç (2016) står jordbruket för mellan 22 och 24 procent av det totala utsläppet av växthusgaser. Enligt samma studie förloras mellan 30 och 40 procent av producerad mat som svinn. Genom att minska matsvinn kan efterfrågan på mat minska och därmed minskar utsläppet av växthusgaser.

Flertalet undersökningar visar att matsvinn i matvarubutiker är ett allvarligt problem på flera håll runt om i världen. Vid undersökning av en italiensk matvarubutik slängdes varor för närmare 170 000 € under en ettårsperiod (Cicatiello et al. 2017). En studie av Scholz et al. (2015) visar att sex svenska matbutiker på en treårsperiod slängde 1 570 ton matvaror. Under dessa matvarors livstid hade de hittills släppt ut 2 500 ton CO<sub>2</sub>eq. Av den totala massan livsmedel motsvarade frukt och grönt 85 %, samma grupp stod även för 46 % av de totala utsläppen. En annan studie av Eriksson (2012) som också omfattar sex svenska matbutiker visar att 4,3 % av alla grönsaker och frukter kastas bort. En stor mängd av matsvinnet i Sverige består alltså av frukt och grönt. I en studie av Teller et al. (2018) är den vanligaste orsaken till matsvinn i butik kundernas krav på kvalitet och kundens hantering av varorna. Vanligast är att övermogen eller skadad frukt får slängas då den inte når upp till kundens förväntningar.

I dagsläget finns det flera metoder och processer som kan användas för att ta vara på livsmedel som slängs. En möjlig metod för att effektivt ta vara på energin i livsmedlet är att röta det och på så vis framställa biogas. Vid produktion av biogas utvinns även en rötrest som kan användas som gödningsmedel inom jordbruk. I Sverige har 60 % av kommunerna någon form av insamling av matavfall och år 2012 rötades omkring 24% av landets matavfall till biogas (Jordbruksverket u.å.). År 2017 producerades 2,1 TWh biogas i Sverige (Energimyndigheten 2018a). Biogasproduktion från livsmedel är en redan fungerande och raffinerad process. Biogasen kan sedan användas för att producera elektricitet, värmeproduktion eller användas av privatpersoner via ett gasnät. En annan möjlighet är att använda gasen som fordonsbränsle. Biogas kan ersätta bränslen som bensen eller naturgas och på så sätt minska utsläpp av fossil koldioxid. I flera städer runt om i Sverige används biogas av bussar i innerstadsmiljö. Biogasproduktion är därför ett intressant område där matsvinnet kan användas.

Det finns även metoder som förlänger frukts hållbarhet. Genom att förlänga hållbarheten hos frukten kan den i förstahand konsumeras som mat, frukten behåller då sitt mat-värde och matsvinnet minskar. För att ge frukten en längre hållbarhet är torkning en bra metod. Människan har genom torkning förlängt livslängden hos föda i tusentals år. Genom torkning så gör man livsmedlet mindre känsligt för patogener, eftersom patogener

behöver vatten för att frodas (Världens Historia 2017). Genom torkning av frukt som i andra fall skulle slängas minskar matsvinnet och på så vis kan klimatpåverkan minimeras. Torkad frukt innehåller vitaminer, mineraler, antioxidanter och fibrer. Enligt en studie av Agoreyo et al. (2011) bevaras majoriteten av näringsämnen i torkad frukt oberoende av torkmetod. Livsmedelsverket rekommenderar att man äter omkring 500 gram frukt och grönsaker varje dag (Livsmedelsverket 2019). I dagsläget finns det torkad frukt i de flesta matvarubutiker. Torkad frukt går att köpa separat men är även vanligt i andra produkter såsom müsli och energibars. Det finns alltså en marknad för torkad frukt och det kan finnas ett ekonomiskt värde att torka frukt som annars skulle slängas.

Frukt kan torkas på flera olika sätt. Möjliga metoder är att exempelvis soltorka, frystorka eller varmluftstork. Soltorkning kräver i många fall stora utrymmen och är beroende av solinstrålning. Frystorkning är en metod som kräver avancerad utrustning och goda kunskaper inom ämnet (Labex u.å). En enkel process för torkning av frukt är att använda sig av en varmluftstork. Varmluftstorkar finns i flera utföranden och dessa har olika storlekar, värmeeffekter och användningsområden. De varmluftstorkar som är avsedda för hushållsbruk är ofta lätta att använda. Tack vare metodens enkelhet passar den bra att applicera i en matvarubutik då en varmluftstork är lätt att installera och inte kräver någon större förkunskap för att använda. Då varmluftstorkar i vanliga fall drivs av elektricitet så kommer själva processen ha en klimatpåverkan, denna påverkan är relativt liten då en stor del av elproduktionen i Sverige är fri från fossila bränsle (energimyndigheten 2018b)

Enligt Greenwatch (2014) är bananer den populäraste frukten i Sverige och i genomsnitt äter varje svensk 17 kilo banan varje år. Högre konsumtion återfinns endast i länder där bananer odlas. På grund av det svenska klimatet kan bananer inte odlas i landet utan måste importeras. Enligt Jordbruksverket (2006) odlas endast 1 % av världens bananer i Europa. Hela 85% av odlingen återfinns i Asien, Afrika och Sydamerika. Detta betyder att bananer som säljs i butiker i Sverige med stor sannolikhet har transporterats långa sträckor. De långa transportsträckorna medför effekter på klimatet, och om konsumtionen av den transporterade varan kan effektiviseras så kan miljöpåverkan minimeras. En stor del av dessa utsläpp kan anses vara onödiga då en stor del av de bananer som når butiken slängs. I en studie av Mattsson et al. (2018) slängdes totalt 6,4 ton banan från tre större matvarubutiker under en ettårsperiod.

För att torkad banan skall kunna säljas i butik behöver de vara tilltalande för konsumenter. Torkad banan innehåller stora mängder vitamin E, K och B6 men är även rik på en av två essentiella omega-3-fettsyror. För att bananerna ska få en jämn torkning, god smak samt och aptitligt utseende bör bananerna skäras i skivor om cirka 4 mm innan torkning enligt Lingayat et al. (2016). Bananskivor om cirka 4 mm kommer även ge en lägre fukthalt efter torkning än om de skivats tjockare (Farhaninejad et al. 2018). Enligt Nguyen och Price (2007) så bör skivorna torka vid 70 grader Celsius i 12 timmar. Denna torktid och temperatur skulle ge bananskivorna en fukthalt på 15–20 % räknat i torrbas. Enligt Food and Agriculture Organization of the United Nations (u.å.) är den passande torrhalten för torkad banan, som skall förvaras under en längre tid, under 20 %. Det är av intresse att minska energianvändningen vid torkning, därför bör flera temperaturer och tidsintervall undersökas. Variationen i temperatur och torktid är intressant att undersöka på grund av den höga mognadsgraden hos de bananer som slängs i butiker. Enligt

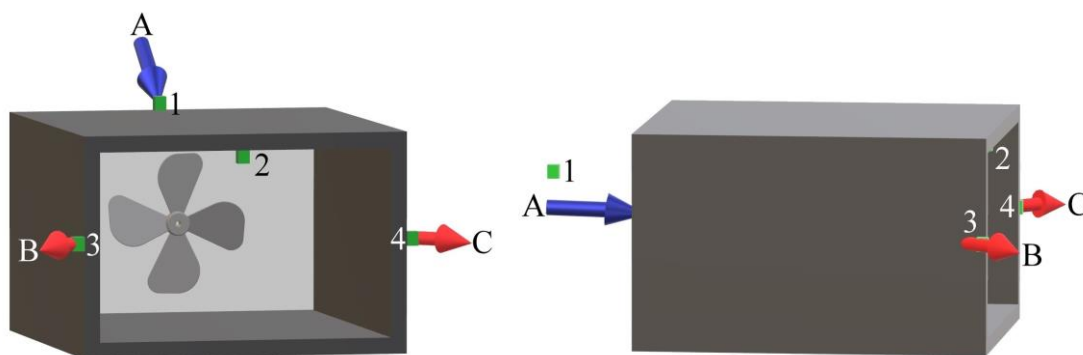
Adeyemi och Oladiji (2009) förändras bananens uppbyggnad allt eftersom den mognar. En omogen banan har en fukthalt om 73,47 % medan mogna och övermogna bananer har fukthalter om 77,19 % respektive 79,22 % räknat i våtbas.

Målet med denna studie är att utreda möjligheterna att genom lufttorkning ta vara på väl mogna eller skadade bananer som inte bedöms vara säljbara samt via en enkätundersökning utvärdera den torkade produktens kvalitet. Vidare mål med studien är att ur ett hållbarhetsperspektiv utvärdera torkning av banan i förhållande till biogasproduktion.

## 2. Metod

### 2.1 Torkförsök

En frukttork avsedd för hemmabruk användes i studien. Torkens temperatur och torktid kunde anpassas mellan 35 - 90 °C och 1 - 24 timmar. Torken var programmerad att stänga av värmeaggregatet 20 minuter innan torktidens slut. Vid avstängning av värmeaggregatet påbörjade den en nedkylningsprocess där endast fläkten var aktiv. Torken, en STEBA ED 6, var utrustad med sex galler på vilka frukten kunde torkas. I denna undersökning användes endast fyra av de medföljande gallren. En modell av torken med dess insug och utblås samt sensorplacering presenteras i Figur 1. För att mäta temperatur och fukthalter hos luften kring och i torken användes fyra temperatur- och fuktsensorer. Sensorerna (Sensirion SHT7x) noterade digitalt temperatur, absolut och relativ fuktighet samt daggpunkt en gång per minut. Mätnoggrannheten hos dessa sensorer är  $\pm 3\%$  för relativ fuktighet och  $\pm 0,4\text{ °C}$  för temperatur (Sensirion u.å.). En sensor placerades på utsidan av torken intill fläktens insug, en på insidan och en på vardera sida av torkens utblås. En elmätare användes för att kunna fastställa hur mycket energi som torken använde vid varje försök, elmätaren har enligt tillverkaren en felmarginal gällande effektavläsning om  $\pm 1\%$ .



**Figur 1. Modell av frukttork som användes vid torkning sedd snett framifrån och snett från sidan. Rumsluft sugs in via A som representeras av en blå pil. Den varma luften lämnar sedan torken via de röda pilarna på torkens framsida (B & C). Sensorerna representeras av gröna rätblock.**

Torkprocessen planerades där temperatur, torktid och tjocklek hos bananslivorna bestämdes med stöd av litteraturstudien. Faktorer som påverkar torkning av bananslivor är bananens mognadsgrad (Adeyemi & Oladiji 2009), bananslivornas tjocklek

(Farhaninejad et al. 2018) samt temperatur och torktid. Tjockleken hos skivorna baserades på värden från en studie av Lingayat et al. (2016) och temperatur och torktid från en studie av Nguyen och Price (2007). Torkförsöken genomfördes med tre torktider och två temperaturer. Dessa var 10, 12 och 14 timmar samt 65 °C och 70 °C. Varje torktids- och temperaturkombination genomfördes i tre försök, vilket resulterade i totalt 18 försök. Försöken utfördes i ordning enligt Tabell 1. Detta för att minimera risken för att varierande faktorer i omgivningen, såsom fukt och temperatur, spelade roll för studiens resultat. Ett torkförsök utfördes i 70 °C och 5 timmar. Detta med anledning att undersöka bananskivornas fukthalt efter en kortare torktid.

**Tabell 1. Tider och temperaturer för torkförsök.**

	65 °C	70 °C
10 h	1, 7 och 13	4, 10 och 16
12 h	2, 8 och 14	5, 11 och 17
14 h	3, 9 och 15	6, 12 och 18

### ***2.1.1 Torkprocess och förberedelser***

För varje försök användes en genomsnittlig mängd på omkring 1300 gram banan, vågen hade en felmarginal på  $\pm 0,003\text{g}$ . Denna massa gav i genomsnitt ett antal bananskivor som täckte 4 galler. Antalet bananer noterades. Bananerna skalades och skalet vägdes. Skadade bitar, av typen i Figur 2, skars bort och den totala massan av bortskurna bitar noterades som svinn.



**Figur 2. Bilden visar skadade bitar som vid torkförsök skars bort.**

Massan banan som var kvar efter skalning och rensning noterades som torkbar frukt. Efter vägning skars bananerna i skivor om cirka 4 mm och lades ut på galler som var försedda med bakplåtspapper. Bakplåtspappren var klippta i remsor för att få ett bättre luftflöde inuti torken. Skivorna placerades i 8 kolonner längs gallret enligt Figur 3. Det totala antalet skivor noterades. Gallren placerades sedan centrerat i torken. Efter torkning vägdes skivorna. Därefter vakuumpförpackades skivorna och förpackningen innehållande skivorna vägdes.



Figur 3. Torkade bananskivor i kolonner om 8.

### 2.1.2 Fukthalt

För att bestämma fukthalten hos de torkade skivorna genomfördes en “fukthaltsbestämmande torkning” (FHB torkning) där resterande vatten torkades ut ur skivorna. Skivorna som skulle torkas, vägdes och placerades på galler. Skivorna torkades sedan i 78 °C i 24 timmar, vilket enligt Taheri-Garavand et al. (2017) ska ge skivorna en fukthalt om 0 %. Torkningen genomfördes med skivor från försök 1, 3, 4, 5, 6 och 8, detta då FHB torkning av skivor från samtliga torkförsök hade varit för tidskrävande. Efter 24 timmars torkning vägdes skivorna på nytt. Figur 4 visar skillnaden i utseende före torkning och efter FHB torkning. För att beräkna fukthalten på torr bas (dry basis) efter torkningen användes (1), där  $m_{tork}$  är massan efter torkning i försöken 1–18 och  $m_{FBH}$  är massan efter FHB torkning.

$$Fukthalt = \frac{m_{tork} - m_{FBH}}{m_{FBH}} \quad (1)$$





Figur 4. I den vänstra delen av figuren visas banan innan torkning. Den högra delen av figuren visar banan efter fukthaltsbestämmande torkning.

### 2.1.3 Massfördelning

För att beräkna andelen av bananerna som ej kunde användas vid torkning användes (2) där *ursprunglig mängd* är massan innan bananerna skalades och skadade bitar skars bort.

$$\text{Andel svinn} = \frac{\text{Bortskuret} + \text{Skal}}{\text{Ursprunglig mängd}} \quad (2)$$

Med (3) kunde genomsnittlig massa per skiva bestämmas.

$$\text{Vikt per skiva} = \frac{\text{mängd uppskuren banan}}{\text{Antal skivor}} \quad (3)$$

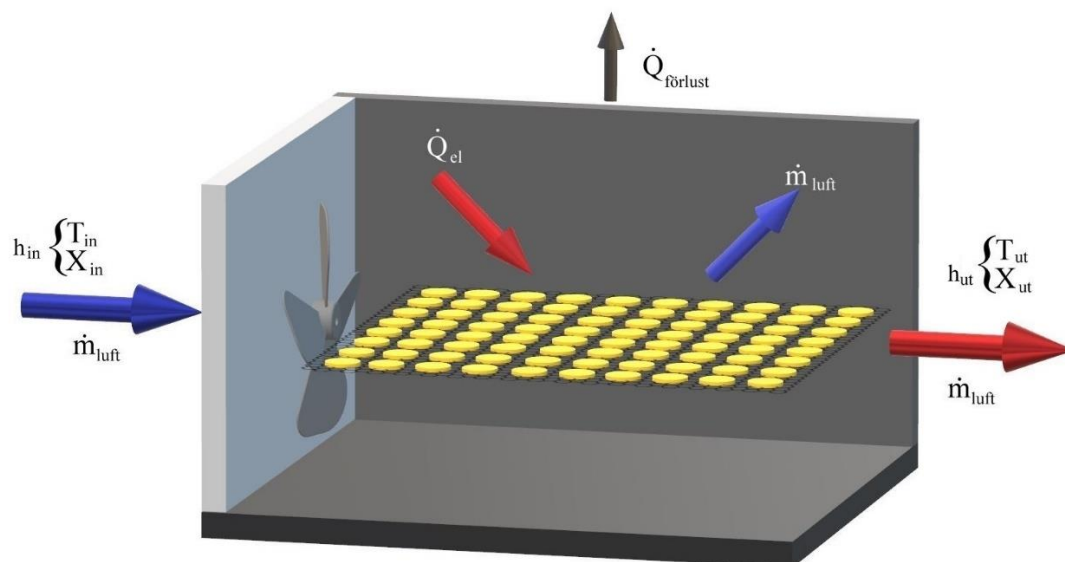
Den genomsnittliga fukthalten hos bananskivorna innan torkning beräknades med (4). Där *m<sub>ingående</sub>* är massan på skivorna innan torkning. Denna fukthalt beräknades i våtbas för ett den enkelt skulle kunna jämföras med fukthalterna från studien av Adeyemi och Oladiji (2009).

$$\text{Fukthalt}_{\text{ingående}} = \frac{m_{\text{ingående}} - m_{\text{FHB}}}{m_{\text{ingående}}} \quad (4)$$

### 2.1.4 Energi

Schematisk figur över torkutrustning i drift presenteras i Figur 5. Rumsluft sugas via fläkten in i torkens bakre del, värms upp och passerar sedan gallren med bananskivorna på. Den varma luften tillför bananerna en värmeeffekt ( $\dot{Q}_{in}$ ). På grund av koncentrationsskillnad av fukt mellan luften vid bananernas yta och luften i torken uppstår en fuktransport ( $\dot{m}_{ut}$ ) från bananskivorna till luften. Detta påverkar tillståndet, temperatur och fuktighet, på luften som lämnar torken. Med dessa indata kunde en koncentrationsdifferens ( $\Delta X$ ) mellan ingående ( $X_{in}$ ) och utgående ( $X_{ut}$ ) fuktig luft beräknas enligt ekvation (5) per minut under körning.

$$\Delta X = X_{ut} - X_{in} \quad (5)$$



Figur 5. Figur över energiflöden genom torkutrustning vid drift.

Ett massflöde genom torken beräknades med (6) där  $\Delta X_{genomsnitt}$  är genomsnittliga skillnaden i fukthalt över torken i ingående respektive utgående luft då torken var i drift. Torktiden betecknades i ekvationen med  $t$  och angavs i sekunder. Fukt som lämnat bananskivorna under torkningen betecknas med  $m_{fukt}$ . Ett medelvärde på densiteten mellan ingående och utgående luft användes.

$$\dot{m}_{luft} = \frac{m_{fukt}}{\Delta X_{genomsnitt} \cdot t \cdot \rho} \quad (6)$$

Effekten på ingående luft beräknades med (7) där  $h_{in}$  avlästes i ett mollierdiagram för den genomsnittliga temperaturen och fukthalten på ingående luft under torkning,  $\dot{m}_{luft}$  beräknades med (6).

$$\dot{Q}_{in} = h_{in} * \dot{m}_{luft} \quad (7)$$

Effekten på utgående luft från torken beräknades med (8) där  $h_{ut}$  avlästes i ett mollierdiagram för den genomsnittliga temperaturen och fukthalten för luft ut ur torken,  $\dot{m}_{luft}$  beräknades med (6).  $\dot{Q}_{ut}$  antas motsvara den effekt som behövs för att torka bananskivorna.

$$\dot{Q}_{ut} = h_{ut} * \dot{m}_{luft} \quad (8)$$

Effekten från torkens värmeaggregat beräknades med (9), där  $Q_{el}$  är elanvändningen för torkförsöket i kWh och *antalet timmar* är längden för torkförsöket i timmar.

$$\dot{Q}_{el} = \frac{Q_{el}}{\text{antalet timmar}} \quad (9)$$

Överskottseffekten beräknades med (10).



$$\dot{Q}_{\text{överskott}} = \dot{Q}_{\text{in}} + \dot{Q}_{\text{el}} - \dot{Q}_{\text{ut}} \quad (10)$$

Alla beräknade effekter multiplicerades med respektive torktid för samtliga torkgrupper för att ge energimängden vid varje torkförsök. Den specifika energianvändningen för varje torkförsök beräknades med (11) där  $m_{\text{tork}}$  är massan av banan efter torkning och  $el_{\text{kWh}}$  är elanvändning vid torkning.

$$e_v = \frac{m_{\text{tork}}}{el_{\text{kWh}}} \quad (11)$$

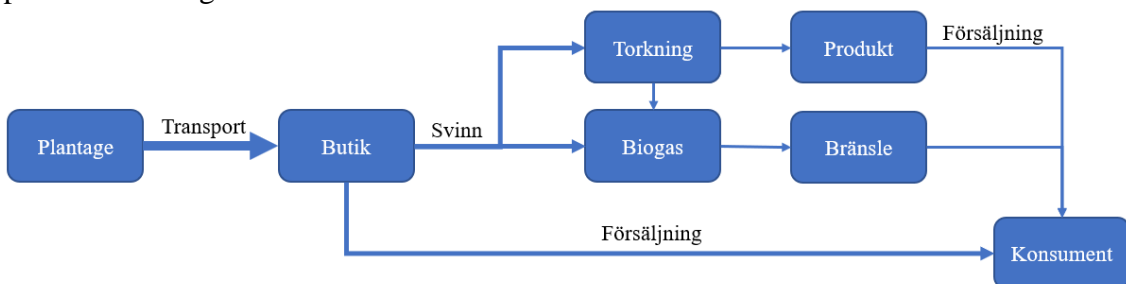
En specifik fukttransport beräknades med (12), där  $m_{\text{vatten}}$  är mängden avdunstat vatten vid torkning.

$$\text{Specifik Fukttransport} = \frac{m_{\text{vatten}}}{el_{\text{kWh}}} \quad (12)$$

## 2.2 Konzeptutvärdering

### 2.2.1 System

För att utföra en utvärdering av konceptet planerades ett teoretiskt system som presenteras i Figur 6.



**Figur 6. Blockschema för det teoretiska systemet som låg till grund för konceptutvärdering.**

Systemgränserna för denna studie omfattar utsläpp av koldioxidekvivalenter från bananplantage till butik i Norge (Svanes & Aronsson 2013). Utsläppen från transport ansågs vara likvärdiga inom nordén, därför används siffror från Svanes och Aronsson (2013) studie i denna rapport. Utsläpp av växthusgaser för bananerna är enligt Svanes och Aronsson (2013) 1,37 kg CO<sub>2eq</sub>/kg banan. Systemet undersöktes teoretiskt i två scenarier. I det första scenariot rötades svinn från bananchipstillverkningen som bestod av bitar från frukten som inte kunde torkas. I det andra scenariot rötades allt banansvinn från butiken. Produkten som kom från torkning antogs kunna säljas till konsument. Biogasen antogs användas som bränsle.

### 2.2.2 Biogas

Ett alternativ för att ta vara på de bananer som inte bedöms vara säljbara är att röta dem för att skapa biogas. Denna biogas skulle sedan kunna användas inom exempelvis energi- eller transportsektorn. Dessa system utvärderades sedan utifrån deras

koldioxidutsläpp till atmosfären. Utvärderingen baseras på att den producerade biogasen ersätter bensin eller naturgas. Enligt Martinez-Ruano et al. (2018) kan 383,63 kubikmeter biogas per ton matsvinn utvinnas och energiinnehållet per m<sup>3</sup> biogas är 22 MJ (Curry & Pillay 2012). Utifrån det kan man beräkna att det är möjligt att producera cirka 8,44 MJ biogas per kg avfall.

### 2.2.3 Klimatpåverkan

Utsläpp av växthusgaser för bananerna är enligt Svanes och Aronsson (2013) 1,37 kg CO<sub>2eq</sub>/kg banan. Enligt Energi- & klimatrådgivningen (2018) har svensk el ett växthusgasutsläpp på 13 g CO<sub>2eq</sub>/kWh och nordisk elmix 50 g CO<sub>2eq</sub>/kWh. Utsläpp av växthusgaser per kilogram torkad banan beräknades med (13), där  $el_{kWh}$  är elanvändningen,  $utsläpp_{elmix}$  är utsläpp från svensk el eller nordisk  $el_{mix}$  och  $massa_{tork}$  är massan av banan som torkas.

$$Utsläpp_{torkning} = \frac{Utsläpp_{elmix} * el_{kWh}}{massa_{tork}} \quad (13)$$

Enligt Mattsson et al. (2018) slängdes totalt 6,4 ton banan från tre större matvarubutiker under en ettårsperiod. Det antas att svinnet är jämnt fördelat för dessa butiker och för denna studien antas att en större matvarubutik har ett svinn på 2,13 ton per år. Detta medför att bananerna som slängs har ett utsläpp av närmare 3000 kg CO<sub>2eq</sub> per butik och år. Detta utsläpp anses vara onödiga om bananerna slängs men kan rättfärdigas om bananerna kan omvandlas till en ätbar produkt. Enligt Naturvårdsverket (2018) är utsläppet av CO<sub>2</sub> ekvivalenter för bensin som drivmedel 90,8 g/MJ och för naturgas för värmeproduktion är siffran 69 g/MJ. Enligt samma källa är utsläppet för biogas 27 g/MJ. Dessa siffror inkluderar både produktion och förbränning. Den möjliga besparingen av koldioxidekvivalenter om biogas skulle ersätta bensin som drivmedel och naturgas för värmeproduktion beräknades med (14) respektive (15), detta per kg avfall som rötas, där 8,44 är MJ<sub>biogas</sub>/kg<sub>avfall</sub>. Den totala besparingen beräknas utifrån en större butiks årliga svinn av banan, det vill säga 2,13 ton.

$$Besparing = (Utsläpp_{bensin} - Utsläpp_{biogas}) * 8,44 \quad (14)$$

$$Besparing = (Utsläpp_{naturgas} - Utsläpp_{biogas}) * 8,44 \quad (15)$$

Om så mycket som möjligt av avfallet skulle torkas och svinnet från torkning skulle rötas ges besparingen av (16) där *Andel svinn* är massan av frukten som inte går att torka och  $utsläpp_{torkning}$  beräknades med (13). Samtliga besparingsekvationer är per kilogram avfall men summeras till en total besparing för en större butik per år (2,13 ton avfall).

$$Besparing = (Utsläpp_{bensin} - Utsläpp_{biogas} * Andel\ svinn) 8,440 - Utsläpp_{torkning} * (1 - Andel\ svinn) \quad (16)$$

$$Besparing = (Utsläpp_{naturgas} - Utsläpp_{biogas} * Andel\ svinn) 8,440 - Utsläpp_{torkning} * (1 - Andel\ svinn) \quad (17)$$

## 2.3 Produkt

### 2.3.1 Enkätundersökning

Eftersom det är av intresse att få en slutprodukt som är säljbar genomfördes en enkätundersökning. Undersökningens syfte var att ta reda på vilken torkgrupp som var bäst för att producera en eftertraktad produkt. Undersökning skulle även ge en uppskattning till ett pris som varan skulle kunna säljas för samt om en "klimatsmart" produkt hade ett högre värde hos konsumenten. För att få en hög validitet från enkäten så genomfördes först en litteraturstudie för att få en grundläggande kunskap om hur en enkät är uppbyggd. Utifrån information från Ejlertsson (2014) och Jakobsson och Westergren (2005) så kunde en enkät framställas. Urvalet för studien omfattade 17 personer av varierande kön och ålder mellan 20 och 74. Det varierande urvalet antogs ge en god representation av kundbasen för butikerna i fråga. Den enkät som sammanställdes och användes återfinns i Bilaga 1. Där torkgrupp står för de olika torkförsöken enligt Tabell 2.

**Tabell 2. Tabellen visar gruppering av torkförsöken.**

Torkgrupp	Torkförsök
65 °C, 10 h	1,7 och 13
65 °C, 12 h	2, 8 och 14
65 °C, 14 h	3, 9 och 15
70 °C, 10 h	4, 10 och 16
70 °C, 12 h	5, 11 och 17
70 °C, 14 h	6, 12 och 18

Fråga ett till tre i enkäten utgår ifrån en ordinalskala och sammanställdes till ett indexvärde. Indexet bestämdes med (18) för varje grupp. Ordinalskala och indexvärde passar bra i denna typ av enkätundersökning enligt Ejlertsson (2014).

$$\text{Index} = \frac{\text{sva}r_{\text{fråga 1}} + \text{sva}r_{\text{fråga 2}} + \text{sva}r_{\text{fråga 3}}}{3} \quad (18)$$

Frågorna i enkäten presenteras i Tabell 3 och dessa frågor kunde besvaras på en skala 1 till 5. Fråga 4 i enkäten gav svar på vilken torkgrupp som var bäst lämpad för försäljning enligt de tillfrågade. Fråga 6 hade svarsalternativ ja eller nej. Fråga 5 och 7 hade svarsalternativ enligt Tabell 4 där prisintervallen baserades på liknande produkter på marknaden.

**Tabell 3. Frågor vid enkätundersökning.**

1. På en skala från 1 till 5 där 1 är inte alls aptitligt och 5 är mycket aptitligt, hur uppfattar du <i>färgen</i> hos bananskvivorna?
2. På en skala från 1 till 5 där 1 är inte alls aptitligt och 5 är mycket aptitligt, hur uppfattar du <i>smaken</i> hos bananskvivorna?
3. På en skala från 1 till 5 där 1 är inte alls aptitligt och 5 är mycket aptitligt, hur uppfattar du <i>texturen</i> hos bananskvivorna?
4. Vilken av bananskvivorna anser du vara bäst lämpad för att sälja i butik?
5. Om bananskvivorna fanns att köpa i butik, hur mycket hade du då kunnat tänka dig betala? Kryssa i det svarsalternativ som passar bäst.
6. Om du visste att bananskvivorna på något sätt hade positiv klimatpåverkan, hade du då kunnat tänka dig att betala mer?
7. Om ja på fråga 6, hur mycket hade du då kunnat tänka dig att betala för skivorna?

**Tabell 4. Svarsalternativ till fråga 5 och 7 för enkätundersökningen.**

mindre än 75 kr/kg
75–100 kr/kg
101–125 kr/kg
126–150 kr/kg
mer än 150 kr/kg

### 2.3.2 Ekonomi

Kostnaden för bananchipsen samt tillverkningsprocessen sammanställdes till en totalkostnad. Denna kostnad bestod av pris för energianvändning och arbetskostnad. Priset för elen som användes vid torkning beräknades med (19) där  $pris_{elmix}$  antogs vara 65 öre/kWh, och *energianvändning* är antalet kilowattimmar per torkförsök.

$$Kostnad_{el} = energianvändning * pris_{elmix} \quad (19)$$

Arbetskostnaden beräknades med (20) där timlönen beräknades med (21). Månadskostnaden för en anställd med en lön på 25 000 kr är 38 470 kr (Företagarbloggen 2016) och 173 är antalet arbetstimmar per månad den anställda jobbar.

$$Arbetskostnad = timlön * arbetstid \quad (20)$$

$$Timlön = \frac{38470}{173} \quad (21)$$

Antagandet om arbetstid vid bananchipstillverkning grundades av egna erfarenheter från utförandet av torkförsöken och antogs vara 15 minuter för en torkningsomgång. Ett kilopris för bananskivorna beräknades med (22) där  $massa_{tork}$  är den genomsnittliga massan färdigtorkad banan efter varje försök.

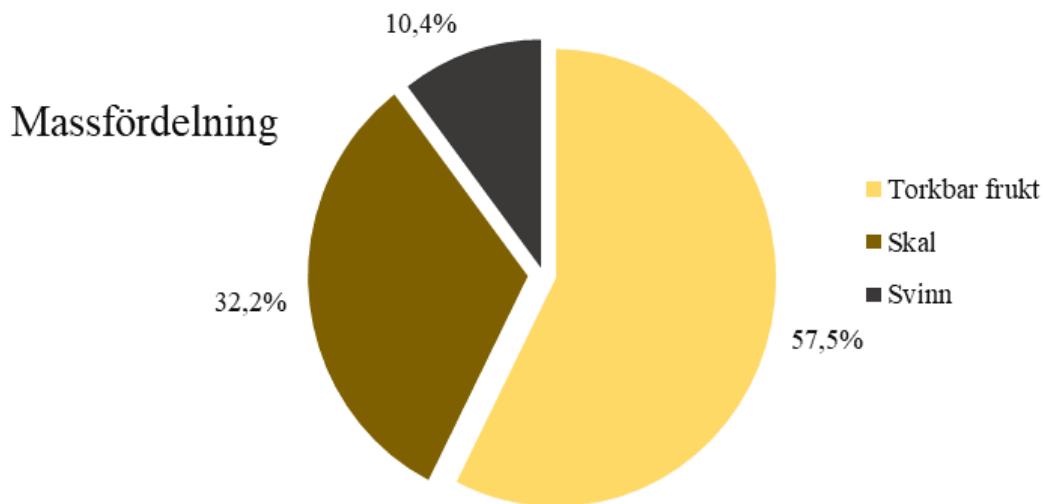
$$Kilopris = \frac{Kostnad_{el} + Arbetskostnad}{massa_{tork}} \quad (22)$$

Bananerna som användes vid försöken skulle i andra fall slängas och antogs därför inte ha något inköpsvärde. För att bananchipsen skall kunna säljas med ekonomisk vinst till konsumenter så måste försäljningspriset vara högre än produktionskostnaden. En minsta produktionsmängd per timme som gav en lägre produktionskostnad än försäljningspris,  $m_{produktion}$ , beräknades med (23) där  $kilopris_{enkät}$  motsvarar det kilopris som konsumenten kan tänka sig betala enligt utförd enkätundersökning.

$$m_{produktion} = \frac{Kostnad_{el} + Arbetskostnad}{kilopris_{enkät}} \quad (23)$$

### 3. Resultat

I Figur 7 presenteras den genomsnittliga massfördelningen hos bananerna innan torkning för samtliga torkförsök.

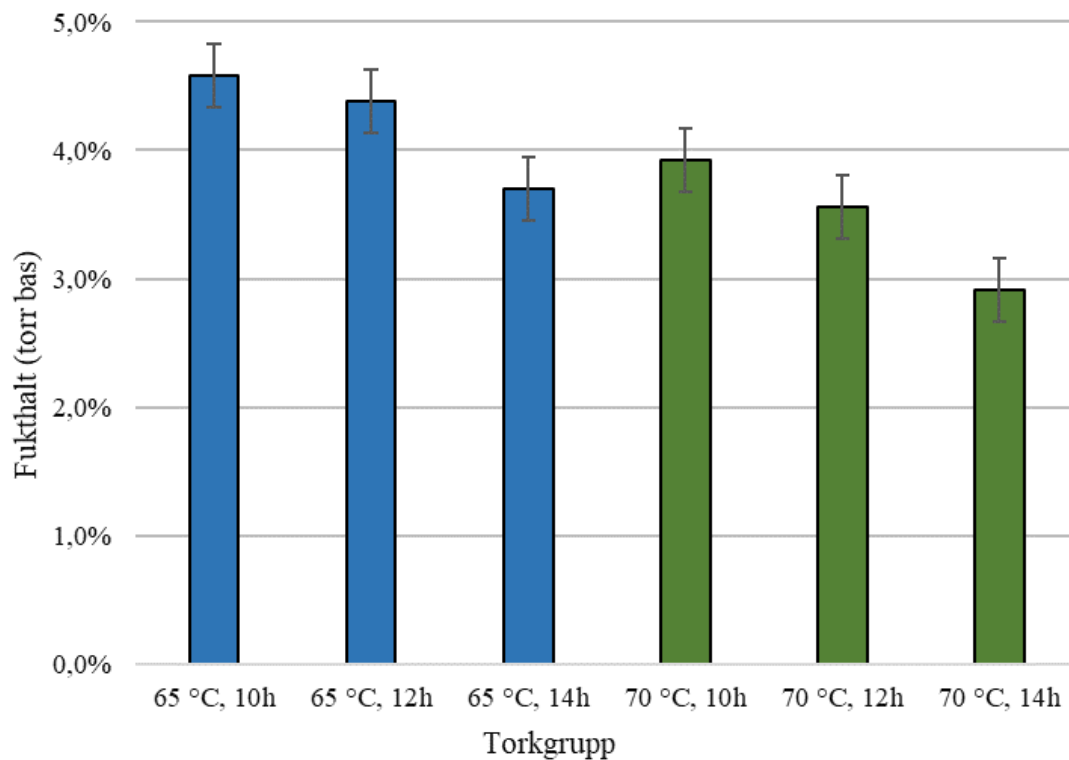


**Figur 7. Genomsnittlig massfördelning hos bananer för samtliga torkgrupper.**

Resultat för massfördelning för respektive torkförsök återfinns i Bilaga 2. Den genomsnittliga vikten per bananskiva som skulle torkas beräknades vara 2,51 gram. Den genomsnittliga fukthalten för skivorna innan samtliga torkförsök beräknades vara 87% på våtbas.

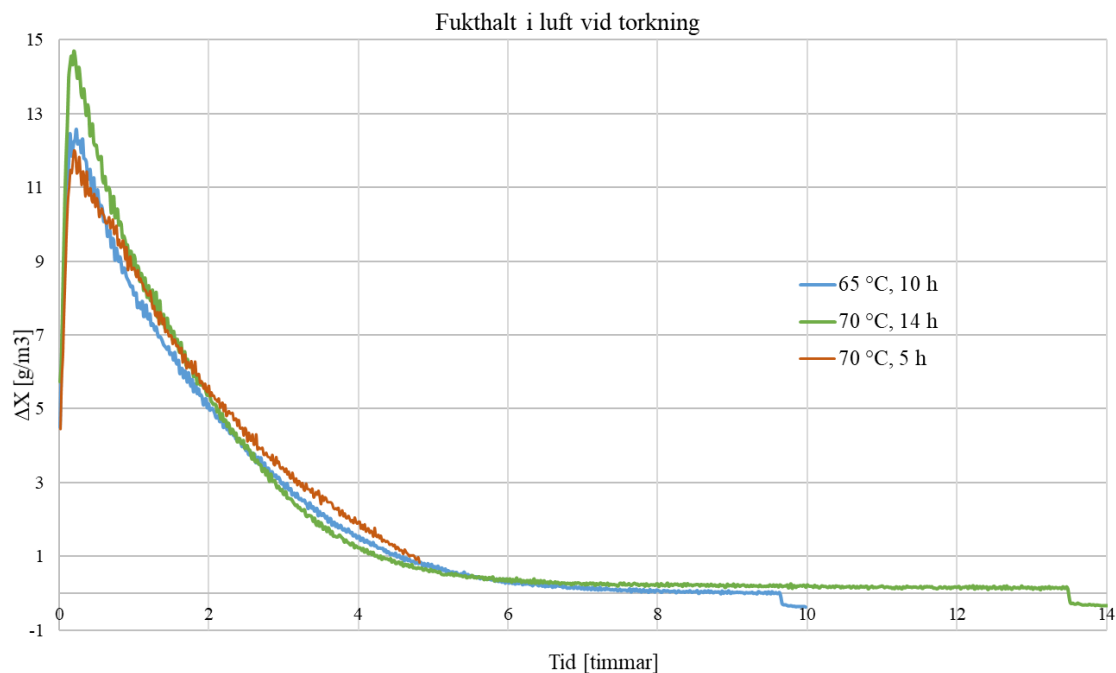
I Figur 8 presenteras fukthalten på torr bas i bananskivorna efter torkning för de olika torkgrupperna. Fukthalterna baseras på en FBH torkning från respektive torkgrupp. Det torkförsök som utfördes i 70 °C och 5 timmar fick en fukthalt på torr bas om 18,87 % på torrbas.

## Fukthalt hos bananskivor efter torkning



**Figur 8. Fukthalt på torr bas hos bananskivorna efter torkning för respektive torkgrupp. Fukthalterna baseras på en FBH torkning från respektive torkgrupp.**

I Figur 9 presenteras fukthalt över torken för ingående respektive utgående luft för torkförsök vid 65 °C och 10 h, 70 °C och 14 h samt 70 °C och 5 h.



**Figur 9. Fukthalt över torken för ingående respektive utgående luft för torkförsök vid 65 °C och 10 h, 70 °C och 14 h samt 70 °C och 5 h.**

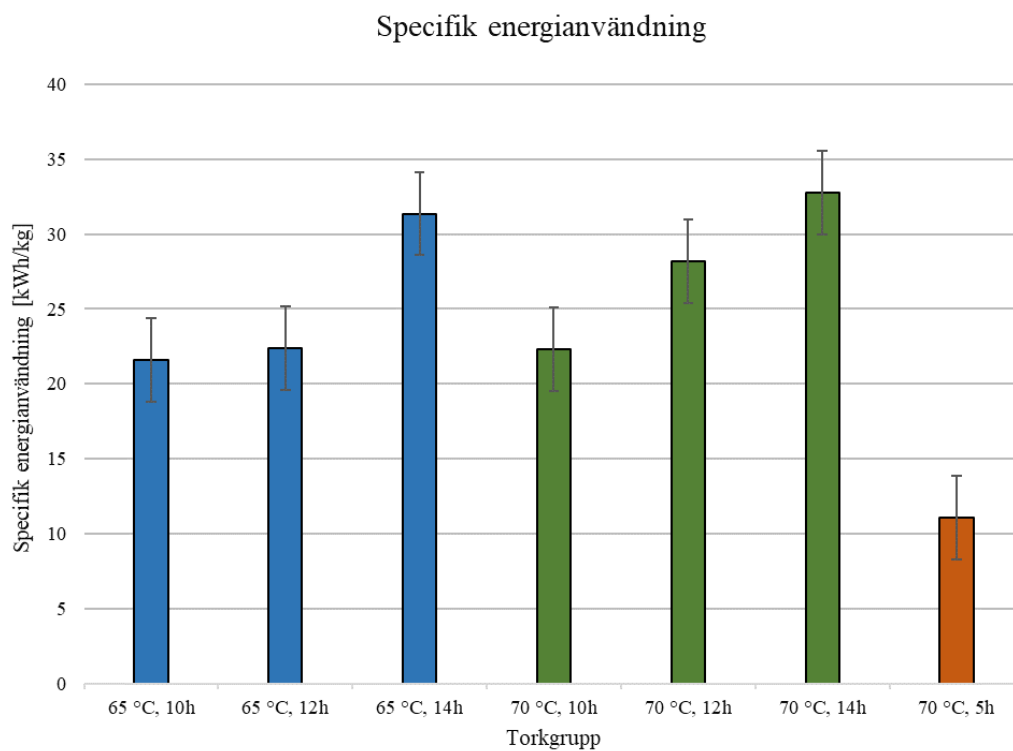
Det genomsnittliga massflödet av luft genom torken beräknades vara 0,01 kilogram per sekund. Tabell 5 visar energibalans över torken för alla torkgrupper, där  $Q_{in}$  är energin i ingående luft innan uppvärmning,  $Q_{el}$  är elenergin tillförd av torken vid uppvärmning och  $Q_{ut}$  är energin i utgående luft.  $Q_{överskott}$  är differensen mellan ingående och utgående energi.

**Tabell 5. Energibalans över tork för alla torkgrupper, där  $Q_{in}$  är energin i ingående luft innan uppvärmning,  $Q_{el}$  är elenergin tillförd av torken vid uppvärmning och  $Q_{ut}$  är energin i utgående luft.  $Q_{överskott}$  är differensen mellan ingående och utgående energi.**

Torkgrupp	$Q_{in}$ [kWh]	$Q_{el}$ [kWh]	$Q_{ut}$ [kWh]	$Q_{överskott}$ [kWh]
65 °C, 10 h	3,88	4,01	7,71	0,18
65 °C, 12 h	4,66	4,81	9,26	0,21
65 °C, 14 h	5,43	5,61	10,80	0,25
70 °C, 10 h	3,90	4,41	8,13	0,18
70 °C, 12 h	4,68	5,29	9,75	0,22
70 °C, 14 h	5,46	6,17	11,38	0,25

I Figur 10 presenteras genomsnittlig specifik energianvändning för alla torkgrupper samt torkförsöket vid 70 °C och 5 timmar.

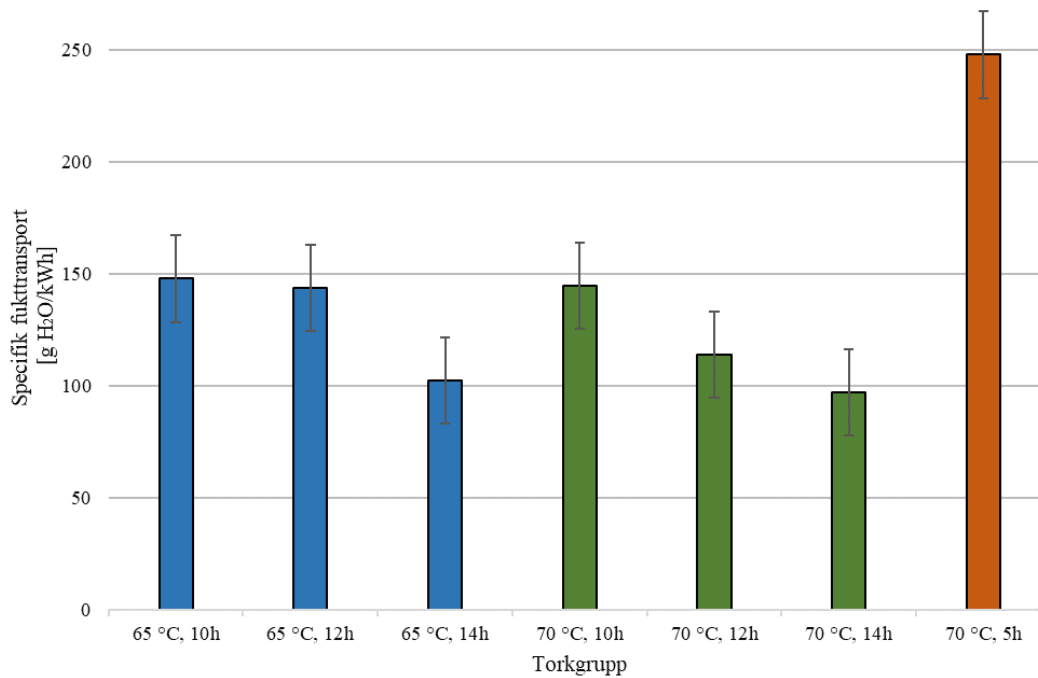




**Figur 10. Genomsnittlig specifik energianvändning vid torkning av banan för alla torkgrupper samt torkförsöket vid 70 °C och 5 timmar.**

Resultat för specifika energianvändningen för respektive torkförsök återfinns i Bilaga 2. I Figur 11 presenteras genomsnittlig specifik fukttransport för alla torkgrupper samt torkförsöket vid 70 °C och 5 timmar.

### Specifik fukttransport



**Figur 11. Genomsnittlig specifik fukttransport vid torkning av banan för alla torkgrupper samt torkförsöket vid 70 °C och 5 timmar.**

I Tabell 6 presenteras den möjliga besparingen av koldioxidekvivalenter i kilogram per år då torkning och biogastillverkning eller endast biogastillverkning ersätter bensin eller naturgas. Siffrorna baseras på en större butiks årliga svinn av banan om 2.13 ton (Mattsson et al. 2018).

**Tabell 6. Möjlig besparing av koldioxidekvivalenter i kilogram per år då torkning och biogastillverkning eller endast biogastillverkning ersätter bensin eller naturgas. Siffrorna baseras på en större butiks årliga svinn av banan om 2.13 ton (Mattsson et al. 2018).**

	Torkning med svensk el och biogastillverkning	Torkning med nordisk elmix och biogastillverkning	Biogastillverkning
Bensin	488,5 kg CO <sub>2eq</sub>	488,1 kg CO <sub>2eq</sub>	1146,9 kg CO <sub>2eq</sub>
Naturgas	321,5 kg CO <sub>2eq</sub>	321,2 kg CO <sub>2eq</sub>	755,0 kg CO <sub>2eq</sub>

I

Tabell 7 presenteras beräknat index från enkätundersökningen för samtliga torkgrupper. Indexet kan variera mellan 1 och 5. Enkätundersökningen återfinns i Bilaga 2.

**Tabell 7. Beräknat index från enkätundersökning för samtliga torkgrupper. Indexet kan variera mellan 1 och 5.**

Torkgrupp	Index
65 °C, 10 h	2,3
65 °C, 12 h	2,5
65 °C, 14 h	2,8
70 °C, 10 h	2,4
70 °C, 12 h	3,1
70 °C, 14 h	3,7

Majoriteten av de tillfrågade kan enligt enkätundersökningen tänka sig betala mellan 101 och 125 kronor per kilogram torkad banan. Det genomsnittliga kilopriset för tio liknande varor på marknaden är 165 kr. Enligt majoriteten av de tillfrågade från enkätundersökningen är bananer från torkgrupp 70 °C, 14 h bäst anpassad för att sälja i butik. Det beräknade kilopriset för bananskivor som täcker kostnaden för produktion var 284 kronor. Mängden som måste produceras för ekonomisk vinst och samtidigt tillfredsställa kundernas tänkbara kilopris beräknades vara mellan 1,8 och 2,7 kilogram per timme.

## 4. Diskussion

Massfördelningen enligt resultatet för denna studie visar att 42,6% av den totala massan ej gick att använda till torkning. Närmare två tredjedelar av dessa 42,6 % bestod av skal. Skalet är svårt att använda till något förutom framställning av biobränsle och att skalet skulle ses som svinn i denna studie var oundvikligt. Den resterande mängd av svinn bestod av bitar som var skadade eller av någon anledning ansågs vara oätbara. Vad resultatet visar är att även fast huvudmålet med denna studie är att minska svinnet så är det svårt att få till en produktion som inte har någon form av avfall. Även om torkningen minskar den mängd banan som slängs så finns en del svinn fortfarande kvar.

I litteraturstudien inför detta arbete framgick det att bananskivorna bör få en fukthalt på omkring 15 - 20 % om de torkades i 70 °C och 12 timmar. Men resultatet för denna rapport visar att fukthalt för de torkade bananskivorna ligger under 5 % för alla de utförda torkförsöken. Denna fukthalt är väl under den fukthalt som enligt Food and Agriculture Organization of the United Nations (u.å.) krävs för förvaring under längre tid. Denna stora skillnaden i den slutliga fukthalten kan bero på flera faktorer. Det kan dels bero på att många av bananerna i denna studie var övermogna, kompositionen av ämnen i bananen förändras under mognadsprocessen. Kompositionen av ämnen i mogna bananer i förhållande till omogna kan ha orsakat att bananskivorna påverkats på ett annorlunda sätt av torkningen än i tidigare studier. Fukthalten i bananskivorna innan torkning var högre än bananerna i studien av Adeyemi och Oladiji (2009) detta kan medföra att fukthalten efter torkning påverkas. Det framgår i denna studie att en faktor till att väl mogna bananer får en lägre fukthalt än ej väl mogna bananer är deras fukthalt innan torkning. Andra faktorer som kan påverka torkprocessen är fukthalt och temperaturen på ingående luft till torken. Om den relativa fukthalten i luften är högre medför detta att torkningsprocessen blir mindre effektiv. Skillnaden i fukthalt hos skivorna kan även bero på att den varmluftstork som använts i denna studie har en bättre förmåga att torka skivorna än de torkar som använts i tidigare arbeten. Tjockleken på bananskivorna är enligt (Farhaninejad et al. 2018) en faktor som har stor inverkan på fukthalten efter torkning av bananskivor. Att fukthalten i bananskivorna efter torkning är så pass mycket lägre i denna studie än i studien av Nguyen och Price (2007) kan bero på att de skars tunnare. Det finns alltså flera faktorer som kan påverka fukthalten efter torkningen och det krävs vidare arbete för att ta reda på hur övermogen banan påverkas av torkningsprocessen.

Figur 9 visar fukthalt över torken för ingående respektive utgående luft för torkförsök vid 65 °C, 10 h samt 70 °C, 14 h. Enligt figuren har fukttransporten efter fem timmar sjunkit kraftigt för båda torkgrupperna. Detta borde innebära att nästan all fukt lämnat bananskivorna. Eftersom bananskivorna under torkningen får en allt lägre fukthalt blir det allt svårare för fukten att transporteras genom skivorna och ut till luften. Detta förklarar av varför kurvans lutning avtar allteftersom torkningen fortgår. På grund av detta utfördes ett torkförsök i 70 °C och 5 timmar. Det visade sig att bananskivorna efter fem timmars torkning nått en fukthalt på torr bas om 18,87 %. Denna korta torkning var i förhållande till torkgrupperna mycket energieffektiv, vilket gav stora förhoppningar om att bananskivorna skulle kunna torkas med mindre energianvändning än vad man först trott. Vid provsmakning av dessa bananskivor visade det sig dock att texturen på skivorna var mycket mjuka därigenom inte tilltalande Detta innebär att den fukthalt som Nguyen

och Price (2007) ansåg vara rimlig var för hög för de bananerna som torkades i denna studie. Även fast fukthalten låg under den rekommenderade halten så ansågs inte skivorna vara säljbara på grund av sin oaptitliga textur. Detta skulle innebära att skivorna torkas med mindre energianvändning, men då skivorna inte skulle vara attraktiva på marknaden vore en sådan torkning förgäves.

Den specifika fukttransporten sjunker med högre temperatur och längre torktid. Detta påvisar fukttransporten inte är linjärt beroende av energitillförseln. Större energimängd resulterar alltså inte i en proportionell ökning av fukttransport. Detta beror på att detta blir svårare för fukten att lämna bananskiivorna allt eftersom de torkar, detta medför att hastigheten hos fukttransporten sjunker. Detta resulterar i att effektiviteten av torkningen blir lägre med tiden, samma energimängd kan torka ut en större mängd vatten i början jämfört med i slutet av processen.

I denna studie undersöktes tre torktider och två temperaturer. Anledningen till att dessa tider och temperaturer används i detta arbete var för att de kunde grundas i tidigare arbeten rörande torkning av banan. De tidigare arbetena har dock undersökt banan av annan typ än den typ som användes i denna undersökning. Inte i något av de tidigare arbetena har väl mogna eller skadade bananer använts. Detta medför att de torktider och temperaturer som används i denna studie inte har varit optimala. Hur temperaturer och torktider påverkar bananerna i denna studie i jämförelse med andra mindre mogna och oskadade bananer är svårt att säga. Det krävs därför vidare arbete för att hitta en optimal kombination av torktid och temperatur, där ett större spann av torktider och temperaturer undersöks. Enligt enkätundersökningen var skivor som torkats länge och varmt de mest omtyckta, det kan därför vara av huvudsakligt intresse att undersöka temperaturer över 70 °C och torktider över 14 timmar.

Vilken typ av torkningsmetod som används vid produktionen av bananskiivorna kan ha en betydande effekt på resultatet. I denna studie användes en varmluftstork som, var beroende av elektricitet för att torka skivorna. Andra metoder såsom soltorkning använder mindre elektrisk energi och får stora mängder av sin energi från solen. En sådan metod hade därför haft mindre klimatpåverkan. Det är därför intressant att undersöka olika torkmetoder för att se hur klimatpåverkan kan minimeras. Men en viktig aspekt är att många andra metoder är mer komplicerade och kräver mer arbete vilket i sin tur leder till större ekonomiska kostnader.

Just den varmluftstork som användes i detta arbete var anpassad för hushållsbruk. Den mängden frukt som behöver torkas i en butik är antagligen mer omfattande än den som är vanlig i ett hushåll. Torken kan därför vara underdimensionerad för användning i större butiker och en annan tork kan vara bättre anpassad för uppgiften. Eftersom det är Det är därför intressant att undersöka olika typer av varmluftstorkar.

Den last som valdes att torkas under försöken i denna studie kan ha varit för låg för att torkens maximala effektivitet skulle uppnås. Detta kan betyda att den specifika energianvändningen för denna studie kan vara missvisande då lasten inte är optimerad. Massan vatten som torkades vid varje försök kan ha varit lägre än den som torken egentligen har kapacitet för. Det kan alltså vara möjligt att lasta torken med mer massa

samtidigt som samma torrhalt nås hos bananskivorna. Eftersom detta skulle leda till att en större massa vatten torkas bort och en större mängd torkad banan produceras så skulle effektivitet öka. Olika laster undersöks inte i denna rapport men är alltså enligt påpekad effektivisering av intresse att undersöka i framtida arbeten.

För att denna torkningsmetod bättre skulle tillämpas till en matvarubutik borde förberedelserna för torkningen effektiviseras. Vid torkning i butik så finns det ingen självklar anledning att räkna på fukthalter och massbalanser. Vid applikation till butik behöver dokumentationen inte vara lika grundlig, arbetstiden som i denna studie har lagts på avvägningar och notering av massor och fukthalter kan då bortses ifrån. Även själva skivningen av banan borde effektiviseras. I denna studie användes en kniv och skivorna skars upp för hand. Om torkningen skall ske i större utsträckning blir denna metod för skivning allt för tidskrävande. För att torkningen skall bli attraktiv för större butiker behövs alltså skivningen bli förenklad med någon form av utrustning eller maskin. Arbetstiden, och därmed kostnaden, skulle bli lägre och den möjliga ekonomiska vinsten skulle öka.

Den överskottseffekt som beräknats (Tabell 5) i denna studie är antagligen mycket lägre än den verkliga överflödiga effekten. Detta betyder att torkens verkliga effektivitet inte går att bestämma utifrån denna studie. För att kunna bestämma ett värde på effektiviteten behövs utförligt arbete kring fukttransporten utföras. För att avgöra hur fukten lämnar bananskivorna krävs djupt ingående studier som ej kunde inkluderas i denna rapport. I framtida studier är det av intresse att undersöka fukttransporten för att kunna bestämma en effektivitet hos torkningen.

Den större delen av energiförlusterna från torken antas ske i form av värme till omgivningen. En del av energin i den varma luften lämnar torken utan att på något sätt bidra till att torka bananskivorna. Dessa förluster sänker effektiviteten hos torken. Genom att på något sätt isolera torken så kan förlusten av värme minimeras. Isoleringen skulle till exempel bestå av någon form av värme tolerant skumplast som fästs på torkens sidor. Minskad förlust leder i sin tur till högre effektivitet och en lägre energianvändning. Att effektivisera hur torken värmer luften är av stort intresse då detta är ett område där smarta och effektiva lösningar finns att tillgå. Torken som användes i denna studie värmdes ingående luft med direktverkande el. Att istället använda en tork som med en värmepump hettar upp luften skulle ha stor påverkan på torkprocessens energieffektivitet. Detta skulle i sin tur leda till att växthusgasutsläppen kopplade till elanvändningen vid torkning skulle minska kraftigt.

I resultatet i denna rapport visar det att biogasproduktion i klimatsynpunkt är ett bättre alternativ än torkning av övermogen eller skadad banan. Detta är på grund av att torkade bananer inte i direkta aspekter kan ersätta någon form av koldioxidstrande process, vilket biogasen kan göra. Vad som inte tas med i beräkningarna är utsläppet från bananerna, detta utsläpp motsvara en betydande mängd och vid torkning så kan en större del av dessa rättfärdigas eftersom bananerna inte blir till avfall. Utsläpp blir då istället en del av utsläppet för en produkt som går att ta vara på, vilket är bättre än utsläpp för något som slängs bort.

En annan aspekt att ha i åtanke vid hållbarhetsanalys av biogas och torkning är att torkningen ger en livsmedelsprodukt, bananskivorna kan då sägas ha ett "mat-värde". Mat kan i de flesta fall anses ha ett större värde för samhället än vad bränsle har. Maten är en direkt nödvändighet mänskligheten, vilket inte går att säga för bränslet. Det är därför svårt att jämföra dessa två i avseende på endast koldioxidekvivalenter eftersom de är så skilda från varandra. Det behövs utföras ett mer omfattande arbete kring jämförelsen mellan torkning och biogasproduktion för att kunna avgöra vilket av dessa som är det bästa för omhändertagande av svinn.

Enligt enkätundersökningen var den mest omtyckta torkgruppen, 70 °C och 14 h. Skivorna från denna torkgrupp var de hårdaste och mest knapriga. Smaken och färgen hos skivorna från de olika grupperna var snarlika, man kan därför anta att den mest överväganden faktorn för goda bananskivor är texturen. Enligt denna undersökning är knapriga skivorna de bästa. Detta betyder att de mest omtyckta skivorna var de som använde mest energi vid tillverkning. Det är viktigt att komma ihåg att den slutliga produkten har kvar sitt matvärde och det kan därför rättfärdigas att tillföra mer energi för att kunna tillverka produkten. I de nordiska länderna är klimatpåverkan för elproduktion relativt låg vilket betyder att konsekvenserna av energianvändningen är minimala.

Hur de torkade bananskivorna förpackas kan ha påverkan på både bananernas hållbarhet såväl som deras klimatavtryck. I denna studie vakuumpförpackades bananerna i relativt grova plastpåsar. Dessa har definitivt en klimatpåverkan, dels från produktion av själva påsen, men även från den energikrävande processen då luften suges ut ur påsen för att skapa ett vakuum. Fördelen med att förpacka bananskivorna i vakuum är att de inte blir exponerade för fuktig luft på samma sätt som de kan bli i andra förpackningar. Ett alternativ till att vakuumpförpacka bananerna är att packa dem i en pappersförpackning. Förpackningar av papper är vanligt inom många områden i livsmedelsförvaring och en del av dessa är vattentäta. Oavsett förpackning är det viktigt att skivorna förvaras vattentäta behållare eftersom att fukthalten i bananskivorna är så låg att de i rumsluft kan absorbera fukt i luften och på så vis öka sin fukthalt. Detta leder till att bananen kan bli drabbad av patogener, något som skulle göra torkningen till en onödig process då den största anledningen till att bananerna torkas är för att de inte ska bli utsatta för patogener. Den lösning som troligtvis ger minst klimatavtryck är att sälja bananskivorna på lösvikt i affären de tillverkas i. Detta är även det förpackningsalternativ som ger bananskivorna kortast livslängd efter torkning då de konstant är utsatta för rumsluft. Det är svårt att uppskatta hur lång hållbarheten är för bananskivorna om de skulle utsättas för rumsluft. Det behövs mer arbete kring förvaringen för att avgöra vilket som är det bästa alternativet.

## **5. Slutsats**

Att genom lufttorkning ta vara på väl mogna eller skadade bananer som inte bedöms vara säljbara har visat sig vara ett bra alternativ för att minimera fruktsvinn i matvarubutiker. Det är möjligt att genom lufttorkning ta vara på mer än 50% av den frukt som annars hade slängts, resterande massa består av skal och skadade bitar. Genom torkning av bananerna bibehålls ett matvärde som kan värderas högt. Torkningen resulterar i en produkt som enligt de tillfrågade i enkätundersökningen är av god kvalitet. Studien påvisar även ett behov av fortsatt forskning runt torkning av mogna bananer då den förändrade kompositionen av bananerna under mognadsprocessen har visat sig påverka torkparametrarna.



## 6. Referenser

- Adeyemi, O. S., Oladiji, A. T. (2009). *Compositional changes in banana (Musa ssp.) fruits during ripening*. African Journal of Biotechnology, 8(5), 858-859.
- Agoreyo, B.O., Akpiroroh, O., Orukpe, O.A., Osaweren, O.R., Owabor, C.N. (2011). *The Effects of Various Drying Methods on the Nutritional Composition of Musa paradisiaca, Dioscorea rotundata and Colocasia esculenta*. Asian Journal of Biochemistry, 6(6), 458-464. <https://doi.org/10.3923/ajb.2011.458.464>
- Cicatiello, C., Franco, S., Pancino, B., Blasi, E., Flasconi, L., (2017). *The dark side of retail food waste: Evidence from in-store data*. Resources, Conservation and Recycling, , 273-281 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.010>
- Curry, N., Pillay, P. (2012). *Biogas prediction and design of a food waste to energy system for the urban environment*. Renewable Energy, 41, 200-209. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.10.019>
- Ejlertsson, G. (2014). *Enkäten i praktiken: en handbok i enkätmetodik*. Studentlitteratur AB
- Energimyndigheten. (2018a). *Svag ökning i biogasproduktionen i Sverige under 2017*. Hämtad från: <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2018/svag-okning-i-biogasproduktionen-i-sverige-under-2017/>
- Energimyndigheten. (2018b). *Nära toppnotering för elproduktionen och nettoexporten av el under 2017*. Hämtad från: <http://www.energimyndigheten.se/nyhetsarkiv/2018/nara-toppnotering-for-elproduktionen-och-nettoexporten-av-el-under-2017/>
- Energi- & klimatrådgivningen. (2018). *Miljöpåverkan från el*. Hämtad från: [https://energiradgivningen.se/klimat/miljopaverkan-fran-el?fbclid=IwAR04QorDVRyIxbV9D2AHIPxBj8iT\\_82z4aWwdR1IKfIBTaFTGtmYm\\_whc7M](https://energiradgivningen.se/klimat/miljopaverkan-fran-el?fbclid=IwAR04QorDVRyIxbV9D2AHIPxBj8iT_82z4aWwdR1IKfIBTaFTGtmYm_whc7M)
- Eriksson, M., Strid, I., Hansson, P. (2012). *Food losses in six Swedish retail stores: Wastage of fruit and vegetables in relation to quantities delivered*. Resources, Conservation and Recycling, 68, 4-20. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.08.001>
- Farhaninejad, Z., Fathi, M. and Shahedi, M., (2018). *Modelling Mass Transfer during Hot Air Drying of Banana Using Cellular Automaton*. Hämtad från: <http://jast.modares.ac.ir/article-23-13550-en.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (u.å.). *Dried fruit*, Hämtad från: <http://www.fao.org/3/a-au111e.pdf>

- Företagarbloggen. (2016). *Så mycket kostar en anställd*. Hämtad från: <https://blogg.pwc.se/foretagarbloggen/sa-mycket-kostar-en-anstalld>
- Greenwatch. (2014). *Billiga bananer – en miljardindustri som hotas av växthuseffekten*. Hämtad från: <http://www.greenwatch.se/2014/11/billiga-bananer-en-miljardindustri-som-hotas-av-vaxthuseffekten/>
- Hiç, C., Pradhan, P., Rybski, D., Kropp, J.P. (2016). *Food Surplus and Its Climate Burdens*. Environmental Science & Technology, 50(8), 4269-4277. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b05088>
- Jakobsson, U., Westergren, A. (2005). *Enkätmetodik - en svär konst* <https://doi.org/10.1177/010740830502500315>
- Jordbruksverket. (u.å.). *Låt matavfall bli smart avfall* Hämtad från: <https://www.jordbruksverket.se/download/18.465e4964142dbfe44708b4a/1389945618443/L%C3%A5t+matavfall+bli+smart+avfall.pdf>
- Jordbruksverket. (2006). *Marknadsöversikt – bananer*, Hämtad från: [https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf\\_rapporter/ra\\_06\\_12.pdf](https://www2.jordbruksverket.se/webdav/files/SJV/trycksaker/Pdf_rapporter/ra_06_12.pdf)
- Labex. (u.å). *Vad är frystorkning?*, Hämtad från: [https://labexinstrument.com/frystorkning/?gclid=Cj0KCQjw6cHoBRDdARIsADiTTzYA6gXIEN4YKcAyfmpTKpOOUR4iuYjsOUniLE99Tk6ZcTm6mDe-tgaAmZFEALw\\_wcB](https://labexinstrument.com/frystorkning/?gclid=Cj0KCQjw6cHoBRDdARIsADiTTzYA6gXIEN4YKcAyfmpTKpOOUR4iuYjsOUniLE99Tk6ZcTm6mDe-tgaAmZFEALw_wcB)
- Lingayat A., Chandramohan V.P., V.R.K. Raju. (2016). *Design, Development and Performance of Indirect Type Solar Dryer for Banana Drying*. Energy Procedia, 109, 409-416. <https://doi: 10.1016/j.egypro.2017.03.041>
- Livsmedelsverket. (2019). *Frukt, grönt och baljväxter*, Hämtad från: <https://www.livsmedelsverket.se/livsmedel-och-innehall/mat-och-dryck/frukt-gront-och-baljvaxter>
- Mattsson L., Williams H., Berghel J. (2018). *Waste of fresh fruit and vegetables at retailers in Sweden – Measuring and calculation of mass, economic cost and climate impact*. Resources, Conservation and Recycling, 130, 118-126. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.037>
- Martínez-Ruano J.A., Caballero-Galván A.S., Restrepo-Serna D.L. (2018). *Techno-economic and environmental assessment of biogas production from banana peel (Musa paradisiaca) in a biorefinery concept*. Environmental Science and Pollution Research, 25(36), 35971–35980. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1848-y>
- Naturskyddsföreningen. (u.å.). *Den globala uppvärmningens konsekvenser* hämtad från: <https://www.naturskyddsforeningen.se/vad-vi-gor/klimat/konsekvenser->

## global-uppvarmning

- Naturvårdsverket. (2018). *Vägledning i Klimatklivet - Beräkna utsläppsminskning*. Hämtad från: <https://www.naturvardsverket.se/upload/stod-i-miljoarbetet/bidrag-och-ersattning/bidrag/klimatklivet/berakna-utslappsminskning-vagledning-klimatklivet-2018-09-04.pdf?fbclid=IwAR1-Ymn34NP15ywtgGSbfI6EYU5PnJ5RoKtW9HKQETvo6iMd5BaG9BIbLAW>
- Nguyen, M., Price, W.E. (2007). *Air-drying of banana: Influence of experimental parameters, slab thickness, banana maturity and harvesting season*. Journal of Food Engineering, 79(1), 200-207.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.063>
- Scholz, K., Eriksson, M., Strid, I. (2015). *Carbon footprint of supermarket food waste*. Resources, Conservation and Recycling, 94, 56-65.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2014.11.016>
- Sensirion. (u.å.). *Digital Humidity Sensor SHT7x (RH/T) (End of Life)*. Hämtad från: <https://www.sensirion.com/en/environmental-sensors/humidity-sensors/pintype-digital-humidity-sensors/>
- Svanes, E., Aronsson, A.K.S. (2013). *Carbon footprint of a Cavendish banana supply chain*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 18(8), 1450–1464.  
<https://doi.org/10.1007/s11367-013-0602-4>
- Taheri-Garavand, A., Karimi, F., Karimi, M., Lotfi, V., Khoobakht, G. (2017). *Hybrid response surface methodology–artificial neural network optimization of drying process of banana slices in a forced convective dryer*. Food Science and Technology International, 24(4), 277-291.  
<https://doi.org/10.1177/1082013217747712>
- Teller, C., Holweg, C., Reiner, G., Kotzab, H. (2018). *Retail store operations and food waste*. Journal of Cleaner Production, 185, 981-997.  
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.280>
- United States Environmental Protection Agency. (u.å.). Overview of Greenhouse Gases hämtad från: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>
- Världens Historia. (2017). *Före kylskåpet: Så höll maten sig färsk*. Hämtad från: <https://varldenshistoria.se/kultur/fore-kylskapet-sa-holl-maten-sig-farsk>

## Enkät om matsvinn

Denna enkät tillhör ett examensarbete för högskoleingenjörsutbildning inom energi och miljöteknik. Arbete rör matsvinn och hur frukt, i detta fall banan, kan torkas för att öka hållbarheten.

Enkätens syfte är att ge stöd för att kunna bedöma om de torkade bananerna kan säljas i butik.

1. På en skala från 1 till 5 där 1 är inte alls aptitligt och 5 är mycket aptitligt, hur uppfattar du *färgen* hos bananskivorna? Ange svar med ett kryss i varje rad.

Torkgrupp	1 (inte alls aptitligt)	2	3	4	5 (mycket aptitligt)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

2. På en skala från 1 till 5 där 1 är inte alls aptitligt och 5 är mycket aptitligt, hur uppfattar du *smaken* hos bananskivorna? Ange svar med ett kryss i varje rad.

Torkgrupp	1 (inte alls aptitligt)	2	3	4	5 (mycket aptitligt)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

3. På en skala från 1 till 5 där 1 är inte alls aptitligt och 5 är mycket aptitligt, hur uppfattar du *texturen* hos bananskivorna? Ange svar med ett kryss i varje rad.

Torkgrupp	1 (inte alls aptitligt)	2	3	4	5 (mycket aptitligt)
1					
2					
3					
4					
5					
6					

4. Vilken av bananskivorna anser du vara bäst lämpad för att sälja i butik? Ange nummer på raden nedan.

nr \_\_\_\_\_

**5.** Om de bananskivorna fanns att köpa i butik, hur mycket hade du då kunnat tänka dig betala?  
Kryssa i det svarsalternativ som passar bäst.

- mindre än 75 kr/kg
- 75-100 kr/kg
- 101-125 kr/kg
- 126-150 kr/kg
- mer än 150 kr/kg

**6.** Om du visste att bananskivorna på något sätt hade en positiv klimatpåverkan, hade du då kunna tänka dig betala mer?

- Ja
- Nej

**7.** Om ja på fråga 6, hur mycket hade du då kunnat tänka dig betala för skivorna? Kryssa i det svarsalternativ som passar bäst.

- mindre än 75 kr/kg
- 75-100 kr/kg
- 101-125 kr/kg
- 126-150 kr/kg
- mer än 150 kr/kg

Tack för din åsikt!  
Anton och Rasmus

Bilaga 2

		Material		Energi & CO2			
		Massa innan tork [g]	Massa efter tork [g]	Andel [%]	Energiförbrukning [kWh]	Spec. energiförbrukning [kWh/kg]	
<b>Torktider</b>							
<b>Låg temp (65)</b>							
Kort (10h)	(Bd) 1	879,41	211,28	24,03	4	18,93	
	7	658,34	162,97	24,75	3,9	23,93	
	13	761,35	177,94	23,37	3,9	21,92	
Mejllan (12h)	2	851,4	200,54	23,55	4,5	22,44	
	(Bd) 8	916,22	213,39	23,29	4,8	22,49	
	14	891,04	216,32	24,28	4,8	22,19	
Lång (14)	(Bd) 3	810,3	199,33	24,60	5,4	27,09	
	9	676,41	157,55	23,29	5,2	33,01	
	15	678,33	161,79	23,85	5,5	33,99	
<b>Hög temp (70)</b>							
Kort (10h)	(Bd) 4	740,12	181,24	24,49	4,2	23,17	
	10	820,03	199,061	24,27	4,4	22,10	
	16	885,12	198,17	22,39	4,3	21,70	
Mejllan (12h)	(Bd) 5	808,89	192,49	23,80	5,2	27,01	
	11	676,05	162,2	23,99	5,2	32,06	
	17	850,22	204,32	24,03	5,2	25,45	
Lång (14)	(Bd) 6	725,65	178,26	24,57	5,8	32,54	
	12	771,3	174,35	22,60	5,9	33,84	
	18	761,43	188,32	24,73	6	31,86	
	Hög temp (70), 5h 19	777,36	207,47	26,69	2,3	11,09	
<b>Massa [g]</b>							
	1	1363,74	879,41	372,03	108,59	2,44	
	7	1305,49	658,34	500,28	143,5	1,97	
	13	1371,36	761,35	376,35	231,35	3,28	
	2	1325,69	851,4	406,79	64,5	2,46	
	8	1471,97	916,22	409,04	144,75	2,96	
	14	1409,81	891,04	453,61	62,5	2,93	
	3	1376,7	810,3	394,85	167,83	2,63	
	9	1371,51	676,41	405,08	287,51	2,60	
	15	1326,84	678,33	469,96	174,69	1,83	
	4	1347,77	740,12	440,19	167,33	2,18	
	10	1392	820,03	479,68	89,16	2,56	
	16	1299,89	885,12	567,88	162,72	3,77	
	5	1313,08	808,89	439,98	51,21	2,44	
	11	1302,01	676,05	434,56	188,51	2,40	
	17	1417,19	850,22	489,27	65,13	3,15	
	6	1344,88	725,65	457,25	159,67	2,16	
	12	1344,7	771,3	424	146,53	2,63	
	18	1314,87	761,43	415,16	135,3	2,78	
	19	1351,64	777,36	422,75	149	2,98	