

# POWER OF POTATOES



Yrkeshögskolan Novia – Serie R – Rapport 2026.

WP3: Rapport

**Biogas- och bioetanolproduktion i Österbotten från potatisindustrins  
sidoströmmar - Teknisk-ekonomisk analys**



Medfinansieras av  
Europeiska unionen

  
ÖSTERBOTTENS FÖRBUND  
POHJANMAAN LIITTO

YRKESHÖGSKOLAN  
**NOVIA**

**Power of Potatoes** är ett tvåårigt projekt som undersöker möjligheterna i Österbotten att utnyttja sidoströmmar från potatisindustrin som energikälla. Projektet söker svar på frågan om sidoströmmarna kan ha ett ekonomiskt värde för producenten om de omvandlas till någon form av grönt bränsle. Projektet finansieras av Fonden för rättvis omställning (JTF) som är utlyst av Österbottens Förbund. Projektet genomfördes mellan 2024 och 2026.



**Katariina Rantanen (Yrkeshögskolan Novia)**

**Projekt: Power of Potatoes**

**WP3: Rapport: Biogas- och bioetanolproduktion i Österbotten från potatisindustrins sidoströmmar - Teknisk-ekonomisk analys**

Andra publikationer i samma serie:

WP1: Rapport 1/3: Energi från torv i Österbotten i jämförelse med energi från potatisens sidoströmmar samt andra biomassor.

WP1: Rapport 2/3: Potatisens sidoströmmar i Österbotten samt deras användning och potential. Yvonne Dahlbäck.

WP1: Rapport 3/3: Från biomassaflöden till anläggningsplatser: en logistisk modell för regional biogasproduktion i Sydösterbotten. Mikael Ehlers.

WP2: Teknisk utvärdering av sidoströmmar från potatisindustrin som energiråvara: tekniska metoder för förnybar energi i Österbotten. Biniam Tefera.

WP4: Regional produktion av bio- och e-bränslen i Sydösterbotten: förutsättningar, konsekvenser och investeringsvägar. Mikael Ehlers.

Yrkeshögskolan Novia, Wolffskavägen 31, 65200 Vasa, Finland.

Novia Publikation och Produktion, serie R: Rapporter 12/2026

ISBN: 978-952-7526-81-1 (Online) ISSN: 1799-4179

CC BY 4.0

---

# Innehållsförteckning

---

1.	Inledning.....	1
2.	Lösningar som granskas.....	1
3.	Råvaror och resurser.....	2
	Potatis som huvudråvara .....	3
	Råvaror som används i produktionen av bioetanol .....	3
	Råvaror som används i produktionen av biogas .....	4
4.	Energiproduktion och processernas sidoströmmar .....	5
	Energiproduktion från potatisskal .....	5
	Processernas sidoströmmar .....	5
5.	Anläggningarnas investerings- och driftskostnader .....	7
	Investeringskostnader: Biogas .....	7
	Driftskostnader: Biogas .....	8
	Investeringskostnader: Etanol .....	10
	Driftskostnader: Etanol.....	10
6.	Fallspecifika kostnadsberäkningar .....	12
	Tickethandel .....	14
7.	Miljösynpunkt .....	15
	Gemensamma miljöaspekter .....	15
	Biogasanläggningens särskilda miljöpåverkan.....	16
	Potatisbaserad bioetanolanläggningens särskilda miljöpåverkan .....	17
	Sammanfattning.....	18
8.	Risker.....	19
	Teknikspecifika risker .....	19
	Biogas .....	19
	Bioetanol.....	20
	Gemensamma risker .....	20
9.	Slutsatser .....	21
10.	Källförteckning.....	23

---

## *1. Inledning*

---

Vid produktion och vidareförädling av potatis uppstår betydande mängder sidoströmmar, vars nyttjandegrad varierar. Projektet Power of Potatoes strävar efter att göra en omfattande analys av nuläget för avfall från potatisindustrin i Österbotten. Granskningen omfattar avfallsmängderna, nuvarande användningssätt samt vilka möjligheter som kunde finnas för att utnyttja avfallet inom gröna bränslen.

Sidoströmmar från potatisproduktionen används för närvarande oftast som foder. De kan också användas vid produktion av olika energikällor, till exempel vid produktion av biogas, etanol, metanol eller syntetiska bränslen. Denna rapport fokuserar endast på de energiformer som i det tidigare arbetspaketet (WP2) visade sig vara relevanta, det vill säga biogas och bioetanol.

Vi granskar produktion av biogas och bioetanol både ur ett teknisk-ekonomiskt perspektiv och ur miljösynpunkt. Målet är att skapa en bild av lönsamheten för båda alternativen när olika påverkande faktorer beaktas. Dessa är de resurser och material som behövs för produktionen, utsläpp och avfall som uppstår i processerna samt risker och osäkerhetsfaktorer i produktionskedjorna.

I rapporten bedöms investerings- och driftskostnaderna (Capital Expenditure (Capex) och Operating Expenditure (Opex)) för produktion av biogas och bioetanol. Slutligen jämförs alternativen utifrån flera kriterier, såsom teknisk prestanda, kostnader, miljöpåverkan och samhällliga nyttor, och som slutresultat bildas en helhetsbild av vilka lösningar som är ekonomiskt mest lönsamma och kan genomföras på det mest hållbara sättet i Österbotten.

---

## *2. Lösningar som granskas*

---

I projektets tidigare skede granskades flera bränslelösningar som använder potatis som råvara. Utifrån teknisk mognadsgrad (TRL) och praktisk genomförbarhet bedömdes endast produktionslösningar för biogas och bioetanol vara tillräckligt utvecklade för fortsatt granskning.

Granskningen genomförs som en exempelbaserad jämförelse med utgångspunkt i att potatis utnyttjas som regional råvara. Av denna orsak är den årliga potatismängden densamma i alla exempel, så att olika produktionsteknologier kan jämföras sinsemellan med enhetliga grundantaganden. Exempelen presenteras i tabell 1.

*Tabell 1 Definition av rapportens exempel.*

Fall	Slutprodukt	Potatisråvara (ton/år)	Annan råvara	Annan råvara (ton/år)	Kommentar
B1	Biogas	12 000	Nötkreaturs gödsel	22 000	1/3 av potatisens sidoströmmar som uppstår i Österbotten
B2	Biogas	24 000	Nötkreaturs gödsel	44 000	2/3 av potatisens sidoströmmar som uppstår i Österbotten
E1	Etanol	12 000	-	-	Samma potatismängd som BG1
E2	Biogas	24 000	-	-	Samma potatismängd som BG1

I produktionen av bioetanol utgör potatis den enda granskade råvaran. Vid produktionen av biogas granskas potatis på motsvarande sätt som den huvudsakliga råvaran i jämförelsen, men för att säkerställa processens tekniska funktion kan andra tillgängliga biomassor, såsom nötkreaturgödsel, blandas med potatisen. Dessa hjälpråvaror granskas inte som separata jämförelseobjekt, utan beaktas som en del av de tekniska grundantagandena för biogasprocessen.

I exemplen granskas anläggningar i medelstor och stor skala, där råvarumängderna varierar. Potatisens andel är 12 000 ton och 24 000 ton per år. Mängderna har valts så att 1/3 respektive 2/3 av potatisens sidoströmmar som uppstår i Österbotten tas i vändningen. Alternativet där alla sidoströmmar i regionen skulle utnyttjas konstaterades vara olönsamt, eftersom sidoströmmarna finns över ett stort område och transporten till en enda anläggning inte skulle kunna ske lönsamt. Gödselmängderna valdes för båda exemplen så att den första exemplet årliga råvarumängd ligger under gränsen för miljökonsekvensbedömning (YVA). För en biogasanläggning är YVA obligatorisk om anläggningens kapacitet överstiger 35 000 ton råvara per år. I det andra exemplet ville man fördubbla anläggningens storlek, till exempel för att undersöka skalfördelar.

---

### *3. Råvaror och resurser*

---

I granskningen behandlas råvaror och resurser i den mån de påverkar produktionsprocessernas kostnadsstruktur, produktionens kontinuitet och den praktiska genomförbarheten. Lokal tillgång eller logistik bedöms inte separat i detta sammanhang, utan utgångsuppgifterna bygger på bedömningar från projektets tidigare arbetspaket.

## Potatis som huvudråvara

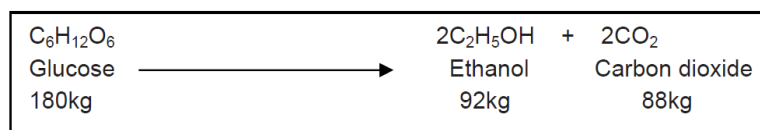
Potatisens egenskaper påverkar utbytet i både bioetanol- och biogasproduktion och därmed anläggningens ekonomiska prestanda, men dessa faktorer granskas inte i detalj i WP3, utan beaktas som en del av beräkningsantagandena, eftersom mer detaljerad information om dem finns i andra rapporter som producerats under projektet och som anges i förteckningen i början av rapporten.

Potatisens centrala egenskaper:

- Potatisens fukthalt är 70–80 %. Detta påverkar bland annat hantering, transport, torrsubstanshalt och processens energiförbrukning.
- Stärkelsehalten i potatis är 10–20 % av färskvikten, beroende till exempel på sort. Detta står i direkt relation till det teoretiska utbytet av bioetanol och biogas. Stärkelsen fördelas ojämnt i potatisen; halten är störst i skaldelarna, medan det i kärnan till och med kan finnas celler utan stärkelsekorn. [1]
- Kvaliteten och sammansättningen hos potatisens sidoströmmar varierar säsongvis. Till exempel lagringsperiodens längd och sidoströmmens fräschhet kan förändra sockret som den innehåller och därmed till exempel försämra fermenterbarheten.

## Råvaror som används i produktionen av bioetanol

I produktionen av bioetanol fungerar potatis som den enda råvaran. Bioetanol kan framställas av stärkelsen i potatis. Stärkelsen kan med hjälp av enzymer hydrolyseras till glukos, från vilken etanol (och som biprodukt koldioxid) därefter kan produceras med hjälp av jäst och fermentering. I fermenteringsprocessen uppstår värme. Vid hydrolysen fermenteras glukosen från potatis med hjälp av jäst till etanol och koldioxid enligt massbalanskvationen.



*Figur 1 Massbalans för etanol och koldioxid från glukos. [2]*

Ur reaktionsformeln kan man beräkna att det teoretiska maximala etanolutbytet från 100 gram glukos är 51,1 gram och att samtidigt 48,9 gram koldioxid fås som biprodukt. I industriella tillämpningar kan etanolutbytet antas vara 90–93 % av det teoretiska maximala utbytet [2], 46–47,5 g/100 g.

Resurser som krävs i bioetanolproduktionsprocessen:

- Den viktigaste råvaran är stärkelsehaltig biomassa, såsom potatis eller vete. Stärkelsen kan relativt lätt omvandlas till socker, vilket möjliggör ett högt etanolutbyte.

- Nedbrytning av stärkelse till socker kräver enzymer, särskilt amylaser, före det egentliga jäsningskedet.
- Jäsningen kräver jäst och näringsämnen, så att sockret kan omvandlas till etanol på ett kontrollerat och effektivt sätt.
- Under processen regleras pH-nivån med kemikalier så att både hydrolys och jäsning fungerar optimalt.
- En betydande resurs i produktionen av bioetanol är energi, eftersom särskilt destillationsskedet är mycket energiintensivt.
- Dessutom behövs vatten i flera skeden av processen, till exempel vid hydrolys, jäsning och kylning.

## Råvaror som används i produktionen av biogas

I produktionen av biogas granskas potatis på motsvarande sätt som den huvudsakliga råvaran. Av stärkelsen i potatis kan biogas framställas enligt följande: av 1 kilogram stärkelse fås 0.28 kubikmeter metangas [3]. Detta betyder alltså att ett ton potatis med en stärkelsehalt på 15 % motsvarar en produktionsmängd på cirka 70 kubikmeter ren metangas.

Även om biogas från potatis är ett särskilt objekt i denna granskning, kräver processens tekniska funktion och säkerställandet av en tillräcklig regional råvarubas ofta, att potatisen kompletteras med andra råvaror. Genom att använda en blandning av olika organiska biomassor kan man påverka till exempel torrsustanshalten, förhållandet mellan kväve och fosfor, nedbrytbarhet och processens biologiska stabilitet. Biomassor som lämpar sig att blanda med potatis granskas närmare i tabellen nedan.

**Tabell 2 Biomassor som finns tillgängliga i Österbotten och som lämpar sig för biogasproduktion tillsammans med potatis. \*[4]**

Råvara	Torrsustans (TS) %	Organiskt material (VS av TS-%)	BMP
nötkreatursflytgödsel*	9	80	200
torrfraktion separerad från nötkreatursflytgödsel*	24	85	190
nötkreatursströgödsel*	30	85	200
växthusgrönmassa*	25	85	240

I denna rapport granskas hjälpråvaran inte närmare som separata jämförbara materialströmmar, men deras påverkan beaktas i produktions- och kostnadsberäkningen.

---

## 4. Energiproduktion och processernas sidoströmmar

---

I denna tabell jämförs energipotentialen för biogas och bioetanol som produceras av potatisens sidoströmmar. Jämförelsen har beräknats per 1000 kilogram torrs substans, så att olika processer kan jämföras sinsemellan. Granskningen fokuserar på slutprodukternas energiinnehåll och på hur effektivt råvarans energi kan utnyttjas i olika produktionsrutiner.

### Energiproduktion från potatisskal

*Tabell 3 Energiproduktionsmängder från potatisskalmassa [5].*

1000 kg torr sidoström från potatis (skal)	Produktionsmängd	Energimängd
Biogas (CH <sub>4</sub> )	1.75 m <sup>3</sup>	1.75 MWh
Bioetanol	271 liter	1.6 MWh

I biogasproduktionen bryts det organiska materialet i potatisens sidoströmmar huvudsakligen ned genom anaerob rötning. Biogaspotentialen uppskattas till cirka 290 kubikmeter råbiogas per 1000 kilo torrs substans av potatisskal. När gasen uppgraderas till biometan fås cirka 175 kubikmeter biometan, vars energiinnehåll är cirka 1.75 megawattimmar.

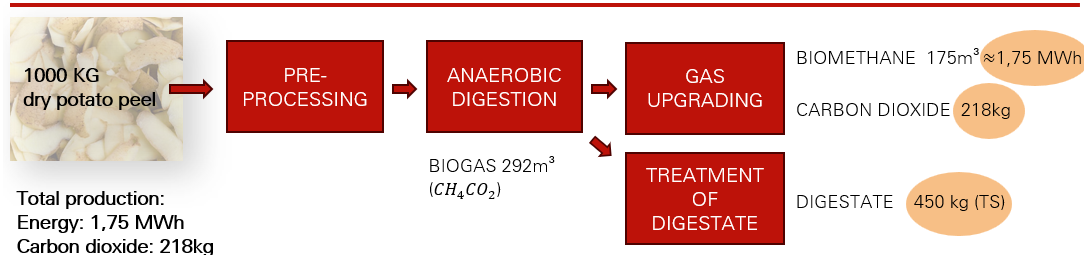
I bioetanolprocessen utnyttjas i första hand materialets stärkelsedel. I genomsnitt kan cirka 270 liter etanol produceras per 1000 kilo torrs substans av potatisskal, vilket motsvarar cirka 1.6 megawattimmar energi.

Skillnaden i energiproduktion beror huvudsakligen på att biogasproduktionen utnyttjar nästan hela det organiska materialets energiinnehåll, medan en del av materialet i bioetanolproduktionen blir kvar i biprodukter, såsom jäsningsrester. Till följd av detta fås något mer energi ur potatisens sidoström då den omvandlas till biogas än om de förädlas till bioetanol.

### Processernas sidoströmmar

I båda processerna uppstår sidoströmmar och mängderna bygger på massbalanssiffrorna i processdiagrammen nedan, angivna som producerade per 1 000 kg torrt potatisskal. Utifrån dessa fås både mängden koldioxid som frigörs i processen och mängden avfall som uppstår.

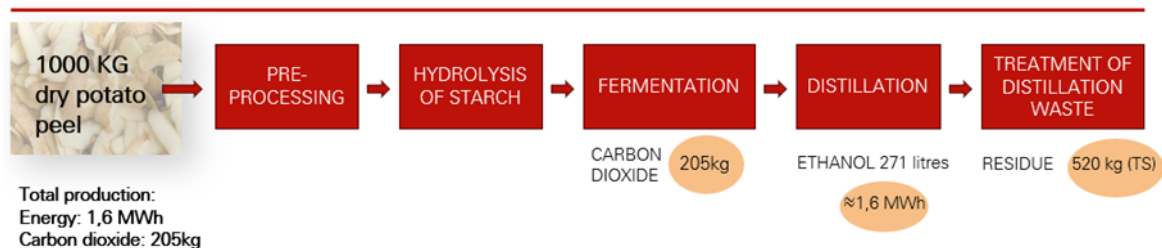
## BIOGAS



*Figur 2 De olika skedena i biogasproduktionsprocessen och de produkter som uppstår i dem. Bearbetad från källa [5].*

Diagrammet ovan visar att cirka 175 kubikmeter biometan kan produceras av ett ton torr potatisskalmassa. I processen frigörs också 218 kg biogent koldioxid, som huvudsakligen bildas i gasreningskedet när koldioxid separeras från metan, samt cirka 450 kg rötrest. Den mängd potatis som motsvarar fallet B1 skulle alltså producera 523 000 kg koldioxid och 21 600 ton rötrest, när potatisens fukthalt antas vara 80 %. Rötresten innehåller näringsämnen såsom kväve, fosfor och kalium samt eventuellt fortfarande organiskt material. Rötrestens primära användningsområde är jordförbättrings- och gödsel användning. Nedan granskas etanolprocessens sidoströmmar.

## ETHANOL



*Figur 3 De olika skedena i etanolproduktionsprocessen och de produkter som uppstår i dem. Bearbetad från källa [5].*

Diagrammet visar att cirka 271 liter etanol, motsvarande cirka 1,6 MWh energi, kan produceras av ett ton torr potatisskalmassa. Samtidigt uppstår 205 kg koldioxid och 520 kg mäsik. Den mängd potatis som motsvarar fall E1 skulle alltså producera 492 000 kg koldioxid och 1 248 000 kg mäsik, när potatisens fukthalt antas vara 80 %.

Vid fermenteringen frigörs relativt ren koldioxid, som endast innehåller lite vatten och etanol. Gasen kan tas till vara för senare användning eller användas till exempel i växthus som sådan. Mäsik kan åtminstone utnyttjas som djurfoder, i metanproduktion genom anaerob nedbrytning eller som jordförbättringsmedel. [6]

---

## 5. Anläggningarnas investerings- och driftskostnader

---

Som helhet är investeringskostnaderna för anläggningstyperna i båda produktionsalternativen alltid fallspecifika, och deras storlek och innehåll påverkas både av tekniska lösningar och av läges- och miljöfaktorer. Enskilda kostnadsposters vikt varierar, men i alla fall består investeringen av summan av flera delområden, inte enbart av reaktorerna eller anläggningens storlek.

### Investeringskostnader: Biogas

Med europeiska material är små biometananläggningar klart dyrare att bygga per produktionsenhet än stora anläggningar. De minsta enheternas investeringsnivå kan per produktionsenhet vara till och med mångdubbel jämfört med de största anläggningarna, där processteknik, reningsutrustning och infrastruktur kan dimensioneras mer kostnadseffektivt. [7]

Dessutom har anläggningar som utnyttjar offentliga strömmar, såsom kommunalt bioavfall eller avloppsslam, i genomsnitt en högre investeringsnivå. Detta beror på att dessa råvaror kräver mer omfattande och energiintensiva förbehandlings- och hygieniseringsprocesser, vilket ökar processernas totala kostnader. [7]

I medelstora anläggningar varierar investeringskostnaderna kraftigt mellan 2500–5500 €/kW, men ligger i genomsnitt på cirka 3 500 €/kW. Kostnaderna kan dock stiga högre än detta, till och med över 5000 €/kW, om biomassan kräver omfattande förbehandlings- och hygieniseringsprocesser. [7]

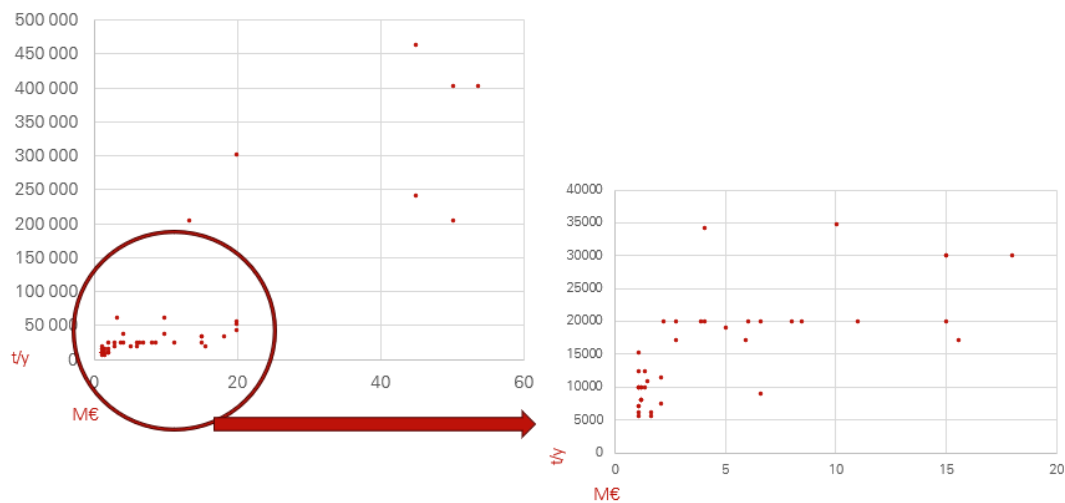
Investeringskostnaderna är i större produktionsenheter, ofta i industriklass, ofta klart lägre. De kan ligga så lågt som 1000 €/kW [7], vilket pekar på skalfördelar: när produktionskapaciteten ökar sjunker enhetskostnaderna. Kostnadsspridningen är särskilt stor i medelstora anläggningar, och råvarans kvalitet påverkar investeringsbehovet betydligt.

Biogasanläggningens investeringskostnader består av flera olika delområden, från planering och tillståndsförfaranden ända till anläggningens driftsättning. Kostnaderna påverkas framför allt av anläggningens storlek, den använda tekniken, råvarans egenskaper samt hur råbiogasen efterbehandlas och vilka slutprodukter som framställs av den.

De viktigaste investeringarna är reaktorer med processutrustning, teknik för vidareförädling, lagring, utnyttjande av gasen, behandling av rötresten samt mark- och byggarbeten. Dessutom uppstår kostnader för projektledning, konsultation, installationer och driftsättning samt olika tillbehör och utrustning. Råvarans kvalitet och lokala

förhållanden, såsom markförhållanden, infrastruktur och logistik, kan höja eller sänka den totala investeringen betydligt.

I Finland fanns i början av år 2025, 36 planerade eller pågående projekt för biogas- och biometananläggningar. Dessutom hade 10 projekt en öppen tidtabell. Det fanns sammanlagt 97 färdiga biogasanläggningar, och därtill 34 insamlingspunkter för deponigas i Finland. Investeringskostnaderna och råvarumängderna för planerade, pågående och färdiga anläggningar presenteras i figuren nedan. Uppgifterna baseras på den tabell som upprätthålls av Suomen Biokiertto ja Biokaasu ry: Excel-listning över aktuella investeringar i biogas- och biometananläggningar, läge 7.4.2025 [8].



**Figur 4** Investeringskostnader för planerade, pågående och färdiga biogasanläggningar i Finland. Till vänster mängden biomassa som anläggningen utnyttjar i ton per år och nertill den totala kostnaden för anläggningsinvesteringen i miljoner euro. Figuren härledd ur data från Suomen Biokiertto ja Biokaasu ry [8].

Som framgår av figurerna finns det inget linjärt samband mellan investeringskostnaderna och råvarumängden, eftersom många faktorer påverkar biogasanläggningarnas investeringskostnader. En större råvarumängd kräver ofta en större investering, men variationen i investeringskostnaderna är stor även mellan anläggningar som använder råvaror av motsvarande storlek. Slutprodukternas kvalitet, råvarans sammansättning och den teknik som behövs varierar mellan anläggningar, vilket gör det utmanande att bedöma kostnaderna på en allmän nivå. Varje anläggning kräver alltså individuella lösningar, och enbart råvaran räcker inte för att bedöma investeringens storlek.

## Driftskostnader: Biogas

Biogasanläggningens uppskattade årliga driftskostnader (Opex) varierar kraftigt från 20 €/MWh upp till 120 €/MWh. Stora anläggningar i industriell skala når lägre Opex-kostnader tack vare skalfördelar, men mindre anläggningar samt sådana anläggningar

vars råvara kräver hygienisering och förbehandling är dyrare. För dessa är Opex i genomsnitt över 60 €/MWh. Opex-kostnaderna påverkas också av energianvändningen, det vill säga om all nödvändig energi produceras själv eller om anläggningen använder köpt värme och el. [9]

Flera olika faktorer påverkar biogasanläggningens driftskostnader, och deras andel av den totala lönsamheten är ofta lika betydande som investeringskostnaderna. Fördelningen av Opex-kostnader i biogasanläggningar kan bedömas enligt följande.

**Tabell 4 Fördelning av driftskostnader i biogasanläggningar. Bedömningarna baseras på källorna [10 & 11] samt på diskussioner med branschexperter.**

Kostnadspost	Andel av Opex (%)	Påverkande faktorer är bland annat:
Transport av råvaran & förbehandling	10–35	Avstånd & mängd
Behandling av rötrest	10–20	Spridning på åkrar & förädling av gödsel
El, värme, kemikalier	20–35	Egen CHP-anläggning & köpt energi
Service och reparation	5–15	
Uppgradering & tankstation	10–20	Gasens uppgraderingsgrad (CBG/LBG)
Hygienisering	3–7	
Dagligt arbete	5–35	anläggningens storlek & behov av personal
Försäkringar & administration	3–6	

Den största kostnadsposten gäller råvaror, deras hantering och logistik. Därför används i Finland portavgifter i större biogasanläggningar, det vill säga den som levererar biomassa betalar anläggningen för materialet som levereras. På så sätt utgör själva råvaran ingen kostnad för anläggningen annat än för eventuella interna transporter, lagring och hantering. Generellt orsakar transport av råvaror, förbehandling samt efterbehandling och transport av rötrest löpande utgifter oberoende av anläggningsstorlek. Storleken på dessa utgifter beror på materielmängder och anläggningens läge i förhållande till råvaru- och användningsobjekt.

En annan betydande kostnadsgrupp är inköpta nyttigheter. En biogasanläggning behöver energi, köpt el och värme för att upprätthålla processen samt olika kemikalier och bruksvatten som behövs i produktionen och uppgraderingen av biogas. Kostnadsnivån för dessa varierar enligt marknadspriserna och kan därmed skapa osäkerhet i anläggningens årliga budget.

Underhålls-, service- och reparationskostnader utgör också en betydande del av Opex. De omfattar underhåll av anläggningens processteknik, hygieniseringsenhet samt gasuppgradering och eventuell tankstation. Dessutom ingår kostnader för köpta tjänster

och personalkostnader i den dagliga verksamheten inkluderande socialavgifter samt försäkringspremier. Dessa säkerställer anläggningens driftsäkerhet och riskhantering.

I tidigare studier och i diskussioner med branschexperter har det kommit fram att transport av biomassa till medelstora biogasanläggningar inte är lönsam om transportsträckan är över 30 kilometer från biomassans produktionsplats till biogasanläggningen.

## Investeringskostnader: Etanol

Den totala investeringen i en bioetanolfabrik består av flera delar och varierar bland annat beroende på anläggningens kapacitet, råvaror och den teknik som används. Etanolanläggningars totala investeringskostnader kan grovt struktureras enligt följande tabell.

*Tabell 5 Totala investeringen i en bioetanolfabrik. [12]*

Kostnadspost	Andel av totalkostnaderna (%)
Markområde och infrastruktur	5–10
Råvaruhantering och lagring	10–15
Mäsk-/hydrolysavdelning (för stärkelsebaserade anläggningar)	5–10
Fermentering	20–30
Destillation och torkning	20–30
Behandling av biprodukter	10–15
Hjälputrustning och energiproduktion	10–15
Övriga kostnader	10–20

Bioetanolanläggningarnas investeringskostnader påverkas i hög grad av anläggningens kapacitet och råvarubas. Stärkelsebaserade anläggningar har i regel en något enklare processtruktur än lignocellulosabaserade lösningar, men kräver ändå omfattande fermenterings-, destillations- och energisystem, vilket gör kapitalbehovet betydande.

Utöver huvudprocesserna påverkas investeringsnivån av krav på energiintegration, hantering av biprodukter samt anläggningens placering i förhållande till råvaruflöden och befintlig infrastruktur. Precis som för biogasanläggningar uppstår alltså betydande skalfördelar i större enheter, medan mindre anläggningar ofta har högre investeringskostnader per producerad energienhet.

## Driftskostnader: Etanol

De största posterna i driftskostnaderna för bioetanolproduktion utgörs vanligtvis av råvaror samt deras transport och hantering. Energiförbrukningen är en annan betydande kostnadsfaktor, och resten av kostnaderna fördelas mellan arbetskraft, underhåll, miljö-

och avfallshantering samt distribution. Kostnadsdelningen presenteras enligt en internationell kommentar om vilka förändringar som kan uppstå i kostnadsfördelningen när förhållandena i Finland beaktas, såsom den högre kostnadsnivån för energi och arbetskraft samt möjligheten att utnyttja lokala biomassor och sidoströmmar.

**Tabell 6 Hur driftskostnaderna för en bioetanolfabrik bildas.**

Kostnadspost	Andel av totalkostnaderna (%) *	Påverkande faktorer är bland annat:
Råvaror och deras transporter (spannmål, potatis, enzymer o.d.)	50–70	Råvarornas pris varierar enligt ägarförhållande och det pris som betalas för dem.
Energi och vatten	15–25	I Finland är förhållandena annorlunda och mer uppvärmningsenergi går ofta åt.
Arbetskraft	5–10	I Finland är arbetskraften något dyrare.
Service och reparationer	3–6	
Avfalls- och miljökostnader	2–4	
Slutproduktens logistik och distribution	Varierar enligt läge	

I vissa fall kan även avfallshantering, behandling av sidoströmmar och logistikkostnader utgöra betydande kostnadsposter, särskilt om processen producerar stora mängder sidoströmmar som måste behandlas eller om transportsträckorna är långa. Å andra sidan kan utnyttjande av biprodukter minska kostnaderna för bioetanolproduktion avsevärt.

- Vidareförädling av mäsik till biogas kan ge tilläggsintäkter, antingen genom försäljning av gas eller genom energianvändning.
- användning eller försäljning av biogas kan minska anläggningens energikostnader,
- infångad CO<sub>2</sub> kan fungera som en tilläggsinkomstkälla och
- näringsrika sidoströmmar kan ersätta gödselmedel, vilket minskar kostnaderna för avfallshantering.

## 6. Fallspecifika kostnadsberäkningar

Härnäst granskas med hjälp av exempel, hur produktionens storlek varierar med råvarumängden.

**Tabell 7 Specifika produktionsmängder. Bedömningarna baseras på allmänna branschgenomsnitt för specifika produktionsmängder.**

Fall	Typ	Mängd ton/år	Produktionsuppskattning (GWh/år)	Produktionsvolym
B1	potatisens sidoströmmar	12 000	10,6	1 060 000 m <sup>3</sup>
	nötkreatursgödsel	22 000		
E1	potatisens sidoströmmar	12 000	3,8	650 400 liter
B2	potatisens sidoströmmar	24 000	21,2	2 120 000 m <sup>3</sup>
	nötkreatursflytgödsel	44 000		
E2	potatisens sidoströmmar	24 000	7,6	1 300 800 liter

Som framgår av tabellen producerar B1 och B2 betydligt mer energi, vilket hänger samman med de större råvarumängder som används i deras produktion. På grund av den mindre råvarumängden är bioetanolens produktionsmängder lägre.

Som visades i kapitel 4 är biogas ett lönsammare alternativ med tanke på den producerade energimängden på grund av processernas effektivitet, eftersom mer energi kan produceras av samma mängd torrt potatisavfall om den valda tekniken är biogas. Tabellen ovan visar att det är en betydande fördel att en biogasanläggning också kan använda andra biomassor som råvaror samtidigt med potatis.

Dessa omständigheter gör inte i sig biogasanläggningsinvesteringens totala lönsamhet bättre än bioetanolens. För att bedöma den totala lönsamheten bör man ännu undersöka återbetalningstiden för anläggningsalternativen. Med hjälp av den enkla återbetalningstiden kan man jämföra vilken anläggning som ger bäst avkastning, det vill säga vilken anläggningsinvestering som betalar sig tillbaka snabbast. Dessa granskas i tabellen nedan.

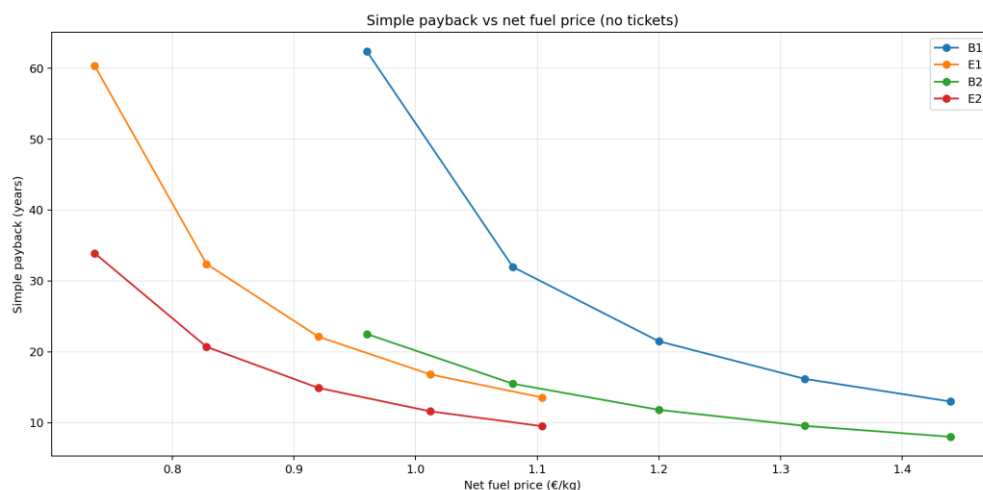
**Tabell 8 Investeringskostnader och återbetalningstider. \*Priset inkluderar inte skatter och andra avgifter.**

Fall	Energiproduktion (GWh/år)	Produktionsvolym	Capex (M€)	Opex (€/MWh)	Bränslets nettopris* €/kg	Återbetalningstid (år)
------	---------------------------	------------------	------------	--------------	---------------------------	------------------------

<b>B1</b>	10,6	1 060 000 m <sup>3</sup>	6	60	1.2	21.5
<b>E1</b>	3,8	650 400 liter	3.3	85	0.92	22.1
<b>B2</b>	21,2	2 119 000 m <sup>3</sup>	9.1	50	1.2	11.8
<b>E2</b>	7,6	1 300 800 liter	5.0	80	0.92	15.0

Tabellen ovan visar att lönsamheten för dessa exempel är svaga med enbart försäljning av bränsle; återbetalningstiderna varierar från 12 till över 20 år. B2 och E2 är de lössammaste alternativen beräknat med enkel återbetalningstid. Av dessa två är B2 mer lössam med en återbetalningstid på 11,8 år, medan E1:s återbetalningstid är 15 år. Exemplens återbetalningstider har beräknats med en uppskattning av bränslepriset. Dessa uppskattningar baseras på genomsnittliga priser på bränslen i Finland och Europa.

Därefter granskas hur det pris som fås för bränslet påverkar anläggningarnas återbetalningstid när försäljning av bränsle är den enda inkomstkällan. I känslighetsanalysen har de uppskattade medelpriserna för bränslen i Finland (tabell 7) beaktats, samt både en prisnedgång och en prisuppgång på 20 %.



**Figur 5** Investeringens enkla återbetalningstid utan andra inkomster.

Diagrammet visar hur anläggningens återbetalningstid skulle minska avsevärt om bränslepriserna steg. Omvänt skulle en sänkning av bränslepriserna leda till att återbetalningstiden förlängs. Variationer i marknadspriserna påverkar anläggningarnas lössamhet betydligt, särskilt om bränslepriserna stannar på en ny nivå under en längre tid, till exempel till följd av politiska beslut eller förändringar i efterfrågan.

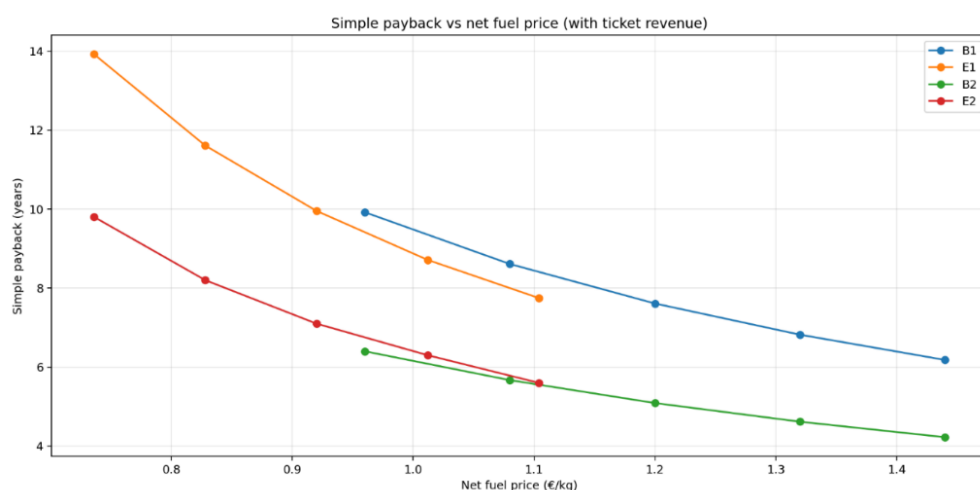
Man kan sträva efter att förbättra anläggningarnas lössamhet på flera olika sätt utöver försäljningen av bränsle. Till exempel koldioxidinfångning, portavgifter, försäljning av gödselprodukter samt vidareförädling av andra möjliga sidoströmmar som uppstår i produktionen av bioetanol och biogas kan bilda betydande tilläggsinkomster. Den ekonomiska betydelsen av dessa lösningar beror dock starkt på anläggningens storlek, råvarumaterialet, processlösningarna och de lokala marknadsförhållandena, och därför granskas de inte i detalj i denna rapport.

## Tickethandel

Med tickethandel avses försäljning av rättigheter kopplade till distributionsskyldighetssystemet för trafiken i en situation där producenten eller leverantören av biobränsle överskrider den andel förnybart bränsle som distributionsskyldigheten kräver. Den överskjutande andelen kan säljas till en annan aktör som behöver dessa rättigheter för att uppfylla distributionsskyldigheten. Tickethandel är inte bunden till en enskild bränsletyp, utan omfattar både bioetanol och biogas enligt samma principer.

I denna rapport granskas tickethandel som ett realistiskt sätt att förbättra anläggningarnas lönsamhet, eftersom den kan tillämpas på båda granskade bränslealternativen på ett jämförbart sätt. I granskningen antas att inkomsten från tickethandel är 60 €/MWh och att tickethandeln omfattar 80 % av anläggningens totala produktion. Antagandet baseras på den nuvarande nationella och europeiska politiska ramen för distributionsskyldigheten, inklusive nivån på distributionsskyldigheten år 2026 (19,5 %).

Därefter granskas hur det pris som fås för bränslet påverkar exempelanläggningarnas återbetalningstid när inkomster också fås från tickethandel utöver bränsleförsäljningen.



**Figur 6** Investeringens enkla återbetalningstid när inkomster från tickethandel beaktas.

Figur 6 visar att investeringarnas återbetalningstid betar sig på motsvarande sätt som i figur 5. Den största skillnaden är att den enkla återbetalningstiden har förkortats avsevärt. Figur 5 visar att återbetalningstiderna utan inkomster från tickethandel, beräknade med medelpriser, varierar från cirka 12 år till över 20 år, medan figur 6 visar att återbetalningstiderna när ticketintäkter beaktas, typiskt förkortas till 5–10 år med samma medelpriser.

Av figurerna 5 och 6 framgår att beaktandet av ticketintäkter avsevärt förkortar återbetalningstiderna för alla alternativ. De största anläggningarna (B2 och E2) förblir fortfarande de mest lönsamma alternativen tack vare tydliga skalfördelar. Samtidigt förbättras dock de mindre alternativens, särskilt E1:s och E2:s, ekonomiska lönsamhet

väsentligt: återbetalningstiderna förkortas till en nivå där de realistiskt kan vara intressanta investeringsobjekt också i mindre skala. Enligt det allmänna antagandet anses lönsamhetsgränsen för industriella investeringar vara under 6 år, så med dessa antaganden visar sig endast B2 och E2 (vid högre bränslepriser) vara lönsamma.

Granskningen visar att när man för anläggningen hittar en lösning som passar dess skala, råvaror och energianvändning och som kan ge tilläggsintäkter eller ersätta befintliga kostnader (till exempel energiräkningen), kan även mindre produktionsanläggningar bli lönsamma. På motsvarande sätt förbättras de större anläggningarnas avkastningsförväntningar ytterligare, vilket stärker investeringarnas attraktivitet.

---

## 7. Miljösynpunkt

---

När investering i en biogas- eller bioetanolanläggning övervägs måste miljöpåverkan granskas inte bara ur klimatperspektiv utan också med tanke på lokala effekter, vattenpåverkan, materialkretslopp och processspecifika risker. Det finns flera gemensamma miljöaspekter mellan en biogasanläggning och en potatisbaserad bioetanolanläggning, men också tydliga tekniks specifika skillnader.

### Gemensamma miljöaspekter

Miljöpåverkan från båda anläggningstyperna uppstår i hela produktionskedjan, inte bara i själva produktionsprocessen. Centrala faktorer är mottagning och hantering av råvaror, processens energiförbrukning, eventuella utsläpp till luft, hantering av sidoströmmar och avloppsvatten samt påverkan från transporter. Därför är det i investeringsskedet viktigt att bedöma, inte bara anläggningens egen process, utan också den logistik, de energilösningar och den hantering av miljörisker som hör till den.

Med tanke på klimatpåverkan kan både biogas och bioetanol minska utsläppen av växthusgaser jämfört med fossila alternativ. Den praktiska utsläppseffekten beror dock på hur energiintensiv processen är, vilka läckage eller andra direkta utsläpp som uppstår i processen och hur sidoströmmarna utnyttjas. I båda alternativen påverkar även transporterna samt den värme och el som processen behöver, den totala miljöbelastningen.

De lokala miljöeffekterna är delvis likartade i båda anläggningstyperna. Anläggningarna ökar vanligtvis den tunga trafiken, orsakar en viss mängd buller och kan förändra landskapet särskilt under byggskedet. Dessutom kan byggandet påverka markanvändning och lokala livsmiljöer. Med tanke på vattendrag är centrala frågor hantering av dagvatten, ändamålsenlig behandling av avloppsvatten samt beredskap för störningssituationer. Därmed begränsas miljökonsekvensbedömningen i

investeringsbeslutet inte bara till utsläpp, utan omfattar också aspekter som gäller läge, infrastruktur och tillstånd.

## Biogasanläggningens särskilda miljöpåverkan

Biogasanläggningens centrala specialfrågor gäller hantering av gasformiga utsläpp och näringsämnenas kretslopp. I biogasproduktionen uppstår miljöpåverkan särskilt av eventuella metan- och koldioxidläckage samt av processens energiförbrukning, som omfattar till exempel uppvärmning, omrörning och pumpning av reaktorer samt gasuppgradering. Både koldioxid- och metanläckage kan förekomma i olika processkedan, såsom vid rötning, lagring och gasbehandling.

Metanläckage är betydande ur ett klimatperspektiv, eftersom metan är en mycket kraftig växthusgas som värmer klimatet under en 20-årsperiod mer än 80 gånger effektivare än koldioxid [13]. Därför är konstruktionernas täthet, effektiv gasinsamling och kontinuerlig övervakning väsentliga för biogasanläggningens miljöprestanda. Användning av till exempel flytande biogas (LBG) som bränsle minskar dock typiskt växthusgasutsläppen med upp till 90 % jämfört med fossil diesel [14].

När metan hamnar i miljön rör den sig snabbt till atmosfären, där den bryts ned långsamt och har en betydande påverkan som växthusgas på klimatförändringen. Från mark frigörs metan snabbt till luften och binds inte till jordmaterial, och i vattendrag avdunstar den effektivt från ytvatten. Metan är biologiskt nedbrytbart och har inte konstaterats ackumuleras i näringskedjan. För vattenlevande organismer bedöms dess toxicitet vara låg. [15]

Till biogasanläggningens miljönytta hör att den näringsrika rötrest som uppstår som biprodukt i processen kan användas som gödsel och jordförbättringsmedel. Rötresten kan också separeras i en torr- och en vätskefraktion. På så sätt kan fosfor som är bunden till torrfraktionen och kvävet som är bundet till vätskefraktionen spridas på sådana områden där det finns behov av respektive näringsämne. [16] Detta minskar olägenheter för klimatet och vattendrag, eftersom överbelastning av näringsämnen kan minskas genom planering och identifiering av lokala brister. [17]

Hygieniseringen som ingår i biogasproduktionsprocessen förstör sjukdomsalstrare, såsom salmonella, samt frön av olika ogräs som hamnat i blandningen. Därmed kan till exempel behovet av kemisk bekämpning på åkrar minska. Det organiska material som rötresten innehåller förbättrar. Det organiska materialet i rötresten kan förbättra jordens struktur och vattenhållande förmåga i högre grad än oorganiska gödselmedel. [18]

Vidareanvändning av rötresten stöder näringsämnenas kretslopp och kan minska behovet av mineralgödsel. Samtidigt måste behandling, lagring och transporter av rötresten skötas omsorgsfullt, så att näringsbelastning eller läckage inte orsakar skada på mark eller vattendrag. I biogasanläggningens miljöpåverkan framhävs därmed en tudelning, eftersom anläggningar som är rätt skötta kan främja cirkulär ekonomi, men bristfälligt hanterad är förenad med utsläpps- och näringsrisker.

Här granskas vilka livscykelutsläpp som orsakas av biogasproduktionen. I livscykelutsläppen beaktas direkta växthusgasutsläpp, som består av metan, dikväveoxid och koldioxid. Livscykelutsläppen består både av direkta processutsläpp och av totala utsläpp där alla skeden i produktionskedjan beaktas.

**Tabell 9 Biogasens livscykelutsläpp [19].**

Bränsle	Direkt CH <sub>4</sub>	Direkt N <sub>2</sub> O	Direkt CO <sub>2</sub>	Total livscykel	Out of Scope CO <sub>2</sub>	Total livscykel	Out of Scope CO <sub>2</sub>
	(gCO <sub>2</sub> e/MJ)				(kgCO <sub>2</sub> e/MWh)		
Bioetanol	0.01	1.03	0	9.15	70.83	32.94	254.99
Biometan (komprimerad)	0.05	0.04	0	10.82	64.51	38.95	232.24
Biometan (flytande)	0.01	1.03	0	28.43	73.52	102.35	264.67

De totala livscykelutsläppen för komprimerad biometan är cirka 39 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalent per producerad megawattimme, och de direkta processutsläppen, såsom metan-, dikväveoxid- och koldioxidutsläpp, förblir relativt låga.

Däremot är livscykelutsläppen för flytande biometan klart högre, cirka 102 kg CO<sub>2</sub>e/MWh. Detta beror huvudsakligen på kondenseringsprocessen, som kräver en betydande mängd energi. Granskningen omfattar också den så kallade Out of Scope-kategorin, som beskriver biobaserad, biogen koldioxid. Denna koldioxid räknas inte som ett fossilt utsläpp, men att beakta den hjälper till att förstå systemets totala kolflöden.

## Potatisbaserad bioetanolanläggningens särskilda miljöpåverkan

Den potatisbaserade bioetanolanläggningens särskilda miljöpåverkan hänger framför allt samman med processens energibehov, hanteringen av sidoströmmar samt hanteringen av etanol. I bioetanolproduktionen uppstår en betydande del av klimatpåverkan genom processernas, särskilt jäsningens, destillationens och den övriga förädlingens, energiförbrukning. Därför framhävs i anläggningens helhetsgranskning hur den värme och el som används produceras samt möjligheten att utnyttja till exempel industriella symbioser eller spillvärme.

Eftersom den granskade bioetanolanläggningen baseras på potatis som råvara i etanolproduktionen uppstår flytande och organiska sidoströmmar, vars utnyttjande eller behandling påverkar anläggningens miljöbelastning. Om dessa sidoströmmar kan utnyttjas till exempel i energiproduktion eller som en del av en annan cirkulär ekonomilösning, förbättras anläggningens resurseffektivitet. Om behandlingen däremot är bristfällig syns effekterna särskilt i avloppsvattenbelastningen.

Bioetanolanläggningens lokala miljöpåverkan påminner delvis om biogasanläggningens: trafiken ökar, processutrustningen orsakar buller och en stor industriell byggnadsmassa

kan förändra landskapet. Dessutom måste etanolens fysikalisk-kemiska egenskaper beaktas som en miljörisk. Etanol är ett lättantändligt ämne, löser sig väl i vatten och kan vid läckage spridas i miljön, även om den också bryts ned relativt snabbt (<https://ova.ttl.fi/etanol>). Därför framhävs betydelsen av lagring, avlopp, läckagehantering och behandling av avloppsvatten vid miljögranskningen av en potatisbaserad bioetanolanläggning.

Här granskas bioetanolproduktionens livscykelutsläpp. Tabellen nedan visar att den största andelen av de direkta växthusgasutsläppen hör samman med dikväveoxidutsläpp, medan metan- och koldioxidutsläppen är mycket små.

**Tabell 10 Bioetanolens livscykelutsläpp [10]**

Bränsle	Direkt CH <sub>4</sub>	Direkt N <sub>2</sub> O	Direkt CO <sub>2</sub>	Total livscykel	Out of Scope CO <sub>2</sub>	Total livscykel	Out of Scope CO <sub>2</sub>
	gCO <sub>2</sub> e/MJ				kgCO <sub>2</sub> e/MWh		
Bioetanol	0.01	1.03	0	9.15	70.83	32.94	254.99

Bioetanolens totala livscykelutsläpp är cirka 9,15 g CO<sub>2</sub>-e/MJ, vilket motsvarar cirka 33 kg CO<sub>2</sub>-e/MWh. Största delen av dessa utsläpp uppstår i produktionsskedet, det vill säga i den så kallade upstream-fasen, som omfattar hantering av råvaror samt produktionsprocessens energiförbrukning. De egentliga direkta processutsläppen utgör en relativt liten andel av helheten.

För bioetanolens del är mängden biogen koldioxid betydande, cirka 70,8 g CO<sub>2</sub>/MJ (cirka 255 kg CO<sub>2</sub>/MWh). Denna koldioxid räknas inte som ett fossilt växthusgasutsläpp, men att den redovisas är viktigt för att förstå det övergripande flödet av kol och systemets balans.

## Sammanfattning

Ur miljösynpunkt finns det flera gemensamma faktorer som påverkar investeringen i både biogasanläggningen och den potatisbaserade bioetanolanläggningen, såsom energiförbrukning, logistik, buller, trafik, hantering av avloppsvatten och lokala markanvändningseffekter. Skillnaden uppstår särskilt genom att hantering av metanläckage och näringskretsloppet för rötresten framhävs i biogasanläggningen, medan det höga energibehovet i processen, hantering av flytande sidoströmmar samt miljö- och säkerhetsaspekter kopplade till lagring och hantering av etanol betonas i potatisbaserad bioetanolproduktion. I investeringsjämförelsen är miljöfaktorerna alltså inte en separat ansvarsfråga, utan de påverkar också anläggningens driftskostnader, tillståndprocesser, acceptans och totala lönsamhet.

---

## 8. Risker

---

Biogas- och bioetanolproduktion är också förknippade med risker och osäkerhetsfaktorer. I granskningen har riskerna indelats i tekniskspecifika risker och gemensamma risker för båda produktionsformerna, och de omfattar tekniska, ekonomiska, miljömässiga och sociala perspektiv. Syftet är att identifiera de riskfaktorer som är de mest väsentliga för projektens genomförande och lönsamhet.

### Biogas

- Gasläckage och gassäkerhetsrisker
- Röttningsprocessens biologiska stabilitet
- Närings- och läckagerisker i samband med råvaror och lagring.

### Bioetanol

- Stort energibehov särskilt i destillationsskedet
- Utmaningar i processhanteringen vid fermentering och destillation
- Avloppsvattenbelastning samt koldioxidflöden

### Gemensamma risker (biogas och bioetanol)

- Variation i råvarans kvalitet och tillgång
- Processtörningar, utrustningsfel och höga kompetenskrav
- Lönsamhetens beroende av anläggningens skala
- Beroende av stödsystem, politiska beslut och reglering i Finland och EU
- Luktolägenheter och lokal acceptans

### Teknikspecifika risker

#### Biogas

De viktigaste teknikspecifika riskerna i biogasproduktion hänger samman med gassäkerhet, processens biologiska stabilitet samt hantering av råvaror och rötrest. Med tanke på gassäkerheten är särskilt metanläckage och farosituationer orsakade av svavelväte centrala risker, eftersom de kan försämra både arbetssäkerheten och anläggningens miljönyttor.

Metanläckage kan orsaka antändningsfara utomhus och en betydande explosionsrisk i slutna utrymmen. Den antändliga blandning som bildas av metan och luft kan flamma upp av vilken antändningskälla som helst, och om läckaget fortsätter under antändningen kan lågan återvända till läckagepunkten. Särskilt antändning i byggnader eller avloppsnät kan leda till en kraftig explosion. [15]

Metan är värdefullt på grund av sitt energiinnehåll men samtidigt skadligt för klimatet vid läckage. Därför är förebyggande underhåll och regelbunden kontroll av utrustningen en väsentlig del av en säker drift av anläggningen. Rötningsprocessen är biologiskt känslig, och därför kan variation i råvarans kvalitet, fukt, mängd organiskt material eller temperaturförhållanden försämra gasproduktionen och rubba processens stabilitet. Om processen störs kan följden vara minskad produktionseffekt, försämrade gaskvalitet eller i värsta fall avbrott i produktionen.

Dessutom är hantering, lagring och kontroll av rötrest kopplade till närings- och läckagerisker som kan orsaka lokala miljöolägenheter om övervakningen av anläggningens verksamhet inte är tillräcklig. Biogasanläggningens tekniska driftsäkerhet beror också på kontinuerligt underhåll av pumpar, omrörare och reningssystem, eftersom utrustningsfel kan stoppa processen och snabbt öka kostnaderna. Därför begränsas de tekniska riskerna i biogasproduktion inte till enskilda apparater, utan gäller hela processhanteringen, personalens kompetens och förebyggande underhåll.

## Bioetanol

De viktigaste tekniskspecifika riskerna i bioetanolproduktion gäller variation i råvaran, hantering av fermentering och destillation samt processens stora energibehov. Sammansättningen hos potatisbaserade sidoströmmar kan variera betydligt till exempel vad gäller mängden vatten och föroreningar, vilket kan försvåra hydrolysen och försämra jäsningsprocessens effektivitet. Om råvarans kvalitet varierar kraftigt kan effektiviteten i enzymhydrolysen och fermenteringen försämrats, vilket sänker etanolutbytet och höjer produktionskostnaderna.

Ur processhanteringssynpunkt gäller riskerna särskilt kontroll av temperatur, pH och mikrobiell aktivitet, eftersom avvikelser kan orsaka produktionsstörningar, kontaminering av processen eller anläggningsstopp. I bioetanolproduktion är destillation dessutom ett energiintensivt skede, och därför påverkar hela processens energieffektivitet direkt anläggningens lönsamhet.

Ur säkerhetssynpunkt är etanol en lättantändlig vätska vars ångor kan bilda antändliga eller explosiva blandningar med luft, särskilt i slutna utrymmen. Därför kräver lagring, hantering och läckagekontroll av etanol omsorgsfulla lösningar för brand- och explosionsskydd. [20]

## Gemensamma risker

Biogas och bioetanol förenas först och främst av beroendet av en tillräckligt jämn och tillgänglig råvara. Om råvarornas mängd eller kvalitet varierar kraftigt, försämrats produktionens effektivitet och processhanteringen försvåras oberoende av vilken teknik som används. En annan gemensam risk gäller processtörningar, utrustningsfel och kompetenskrav, eftersom båda produktionsformerna bygger på flerstegsprocesser som kräver övervakning och teknisk kompetens.

Ur lönsamhetssynpunkt beror det ekonomiska resultatet för bägge teknikerna på anläggningens skala, logistik och utnyttjandegrad. Små anläggningar kan lida av höga enhetskostnader, medan stora investeringar ökar kapitalrisken och kräver långsiktig råvaru- och marknadssäkerhet. Dessutom är både biogas- och bioetanolproduktion känsliga för förändringar i den politiska och regulatoriska miljön i Finland och EU, eftersom stödsystem, beskattning och skyldigheter som gäller biobränslen direkt påverkar marknaden och investeringarnas attraktivitet.

Även luktolägenheter, ökad trafik och lokala miljöbekymmer kan försämra projektens acceptans och fördröja genomförandet. Därför räcker inte teknisk genomförbarhet ensam, utan projektens framgång beror också på samarbete med intressenter, öppen kommunikation och beaktande av lokala bekymmer.

---

## *9. Slutsatser*

---

I denna rapport granskades den teknisk-ekonomiska genomförbarheten för biogas- och bioetanollösningar som baseras på potatisindustrins sidoströmmar i Österbotten. Granskningen visar att båda bränslealternativen är tekniskt möjliga, men att deras lönsamhet och genomförbarhet starkt beror på anläggningens skala, råvarornas logistik, marknadspriser och eventuella tilläggsinkomstflöden.

Ur teknisk prestandasynpunkt framstår biogas i granskningen som ett starkare alternativ än bioetanol. Av samma mängd potatissidoströmmar kan mer energi produceras som biogas än som bioetanol, och dessutom är biogasprocessens fördel möjligheten att utnyttja även andra biomassor, såsom nötkreaturgödsel, vid sidan av potatis. Detta ökar processens flexibilitet och möjliggör anläggningar i större storlek, där skalfördelar förbättrar lönsamheten. Bioetanolens styrka är å sin sida en tydlig slutprodukt och möjligheten att utnyttja sidoströmmar, såsom koldioxid och mäsik, men processen är känsligare än biogas för råvarans kvalitet och variationer i energikostnader.

Utifrån jämförelsen av de olika exemplen är de alternativen som är störst i skala mer lönsamma än mindre anläggningar. Särskilt exempel B2 framstår utifrån denna granskning som den starkaste helhetslösningen, eftersom där kombineras högst energiproduktion, relativt låga enhetskostnader och kortast återbetalningstid. Även det större bioetanolalternativet E2 kan utgöra ett realistiskt alternativ, men dess lönsamhet beror tydligare än biogas på marknadspriset och på hur effektivt biprodukter och eventuella tilläggsinkomster kan utnyttjas. De mindre alternativen B1 och E1 framstår i denna granskning som ekonomiskt svagare, om man inte kan påvisa särskilda lokala fördelar eller andra mervärdesfaktorer för dem.

Utifrån den ekonomiska granskningen räcker enbart försäljning av bränsle inte för att göra de granskade investeringarna särskilt attraktiva. Återbetalningstiderna blir utan tilläggsinkomster ganska långa i alla alternativ. Lönsamheten förbättras dock betydligt

om anläggningen får tilläggsinkomster till exempel från tickethandel, portavgifter, koldioxidinfångning, produkter från näringskretsloppet eller vidareförädling av sidoströmmar. Detta understryker att en teknisk-ekonomisk bedömning inte kan baseras enbart på energibalansen eller bränslets marknadspris, utan helheten måste granskas som en del av en bredare affärsmodell.

Ur miljösynpunkt har båda de granskade lösningarna potential att stödja cirkulär ekonomi och minska användningen av fossila bränslen. Biogasens styrkor är särskilt återvinning av näringsämnen och utnyttjande av rötrest i gödselanvändning, medan bioetanolens styrkor gäller möjligheterna till koldioxidinfångning samt vidareutnyttjande av organiska sidoströmmar. Samtidigt är båda alternativen också förknippade med miljörisiker, såsom utsläpp, avloppsvatten, luktöligheter och lokala effekter, vars hantering beror på anläggningens tekniska genomförande, läge och drift.

Ur risk- och osäkerhetssynpunkt visar granskningen att båda produktionsrutterna är känsliga för variation i råvarans kvalitet, förändringar i politiska regelverk och variationer i marknadsförhållanden. I biogas framhävs processens biologiska stabilitet, hantering av metanläckage och råvarulogistik, medan centrala osäkerheter i bioetanol är råvarans kvalitet, energiförbrukning samt prisvariationer på etanolmarknaden. Dessutom beror acceptansen för båda lösningarna på lokala biverkningar, såsom trafik, lukt och eventuella landskapspåverkaner.

Den centrala slutsatsen är att man särskilt bör prioritera lösningar, som har de bästa förutsättningarna att uppnå tillräcklig lönsamhet och dra nytta av skalfördelar. Samtidigt är det ändå viktigt att konstatera att även anläggningar i mindre skala under vissa förhållanden kan vara lönsamma. Detta förutsätter fallspecifik och tillräckligt noggranna beräkningar hur mycket egen energiproduktion kan ersätta köpt energi och om processens sidoströmmar, såsom koldioxid, näringsfraktioner eller andra rester, kan ge mervärde. I en fortsatt granskning, där produkten är en lönsamhetskalkyl för en potentiell anläggning i en specifik region, bör därför särskilt logistiska realkostnader, råvarornas regionala tillgång, tilläggsinkomstflödenas realism samt känsligheten för förändringar i marknadspriser och politiska regelverk beaktas. På så sätt kan man bedöma under vilka förutsättningar en bränslelösning baserad på potatisindustrins sidoströmmar skulle vara ekonomiskt, tekniskt och miljömässigt hållbar i Österbotten.

---

## 10. Källförteckning

---

- [1] Ahokas, M., Välimaa A., Kankaala A., Lötjönen T. & Virtanen E. 2012. Perunan ja vihannesten sivuvirtojen arvokomponenttien hyötykäyttö. MTT raportti 67. <https://www.mtt.fi/mttraportti/pdf/mttraportti67.pdf>
- [2] Walker, G. M. 2010. Bioethanol: Science and technology of fuel alcohol. Ventus Publishing ApS.
- [3] Lehtomäki, A. (2006). Biogas production from energy crops and crop residues (Jyväskylä Studies in Biological and Environmental Science, 163). University of Jyväskylä.
- [4] Pyykkönen, V., Winqvist, E., Virkkunen, E., Annunen, V. & Rasi, S. 2023. Biokaasulaskurin käyttöohje 21.12.2023. Luonnonvarakeskus. Pdf-tiedosto. <https://maatalousinfo.luke.fi/fi/laskurit/biogas>
- [5] Almeida P.V., Gando-Ferreira L.M. & Quina M.J. 2023. Biorefinery perspective for industrial potato peel management: technology readiness level and economic assessment. Journal of Environmental and Chemical Engineering.
- [6] Vahtola K. & Myllykoski, L. 1999. Bioetanolin valmistus jäteperunasta: esiselvitys teknisestä toteutuksesta ja taloudellinen arviointi. Oulun yliopisto.
- [7] Biomethane Industrial Partnership. 2023. Insights into the current cost of biomethane production from real industry data. [https://bip-europe.eu/wp-content/uploads/2023/10/BIP\\_TF4-study\\_Full-slidedeck\\_Oct2023.pdf](https://bip-europe.eu/wp-content/uploads/2023/10/BIP_TF4-study_Full-slidedeck_Oct2023.pdf)
- [8] Suomen biokierto ja biokaasu. 2025. Excel-listaus vireillä olevista biokaasu- ja biometaanin laitoshankeinvestoinneista. <https://biokierto.fi/tilastot/biokaasutilastot/>
- [9] Eidsmo S., Hoel-Holt A. & Vennemo H. 2024. The financial aspects of biogas production. Vista analyze. <https://ios.edu.pl/wp-content/uploads/2023/11/greenddeal-presentation-on-financial-aspects.pdf>
- [10] Thunman H, Gustavsson C, Larsson A, Gunnarsson I, Tengberg F. Economic assessment of advanced biofuel production via gasification using cost data from the GoBiGas plant. Energy Science & Engineering. <https://doi.org/10.1002/ese3.271>
- [11] Luonnonvarakeskus. 2025. Biokaasulaskuri. <https://www.luke.fi/fi/luonnonvaratieto/biokaasulaskuri>
- [12] Procurement resource. 2025. Bioethanol Manufacturing Plant Project Report. <https://www.procurementresource.com/reports/bioethanol-manufacturing-plant-project-report>
- [13] Euroopan parlamentti. 2024. Kasvihuonekaasupäästöt EU:ssa ja maailmalla. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20180301STO98928/kasvihuonekaasupaaastot-eu-ssa-ja-maailmalla-infografiikka>
- [14] Sweco. 2023. Biokaasulaitoksen ympäristövaikutusten arviointi, YVA-selostus, Suomen Lantakaasu Oy.

[https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/25006837\\_Suomen\\_Lantakaasu\\_Oy\\_Biokaasulaitoksen\\_YVA-selostus\\_0.pdf](https://www.ymparisto.fi/sites/default/files/documents/25006837_Suomen_Lantakaasu_Oy_Biokaasulaitoksen_YVA-selostus_0.pdf)

[15] Työterveyslaitos. 2026. Metaani. <https://ova.ttl.fi/metaani>

[16] Marttinen, S., Tampio, E., Sinkko, T., Timonen, K., Luostarinen, S., Grönroos, J., Manninen, K., 2015. Biokaasulaitokset – syötteistä lopputuotteisiin. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 14/2015. Luonnonvarakeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-326-013-9>.

[17] Mattila, T.J. & Rajala, J. 2018. Kationinvaihtokapasiteetin määrittäminen ja käyttö viljavuusanalyysin tulkinnaissa. Helsingin yliopisto.

[18] Chenu, C., Angers, D.A., Barré, P., Derrien, D., Arrouays, D. & Balesdent, J., 2019. Increasing organic stocks in agricultural soils: Knowledge gaps and potential innovations. Soil and Tillage Research, Soil Carbon and Climate Change.

[19] Department for Energy Security & Net Zero. 2023. Government greenhouse gas conversion factors for company reporting – Methodology paper. <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/647f50dd103ca60013039a8a/2023-ghg-cf-methodology-paper.pdf>

[20] Työterveyslaitos. 2025. Etanoli. <https://ova.ttl.fi/etanoli>