



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för energi och teknik

Avfallsförbränning i Chisinau

Waste incineration in Chisinau

Agnes Andersson och Linnéa Leppänen

Avfallsförbränning i Chisinau

Waste incineration in Chisinau

Agnes Andersson och Linnéa Leppänen

Handledare: Ronny Arnberg, IVL och Borlänge Energi
Ämnesgranskare: Gunnar Larsson, institutionen för energi och teknik, SLU
Examinator: Åke Nordberg, institutionen för energi och teknik, SLU

Omfattning: 10 hp
Nivå, fördjupning och ämne: Avancerad nivå, A1N, teknik
Kurstitel: Projektarbete i energisystem
Kurskod: TE0013
Program/utbildning: Civilingenjörsprogrammet i energisystem 300 hp

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2017
Serietitel: Projektarbete i energisystem, institutionen för energi och teknik, SLU
Delnummer i serien: 2017:3
Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: kraftvärmeverk, rosterpanna, Moldavien, beräkningsprogram för avfallsförbränning, energiinnehåll i avfall

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för energi och teknik

Förord

Vi vill rikta ett tack till Ronny Arnberg (handledare) och Marko Amovic som varit ett stort stöd under hela projekttiden. Ronny som svarat på våra frågor angående både tekniken kring kraftvärmeverk samt om Moldavien. Han har även visat oss i rätt riktning genom att hänvisa oss till olika personer eller websidor och rapporter. Marko som från början byggt upp Excel-programmet och därför kunnat hjälpa oss med det.

Vi vill också tacka Cristina Manjos från Chisinaus stadshus som gett oss nödvändig bakgrundsinformation.

Slutligen vill vi tacka Gunnar Larsson (ämnesgranskare) som under projekttiden gett oss värdefull feedback, vilket hjälpt oss att färdigställa vår rapport.

Abstract

This report examines the potential of waste incineration in the capital Chisinau of Moldova. The waste from the 900 000 inhabitants is today deposited on landfill and gas imported from Russia is used for heat/steam production. Limits of this study is that only the steam-/heat production was studied and any practical obstacles was not taken under consideration in the calculation.

To execute the survey an Excel program has been used. The program was created year 2009 and therefore some key figures needed to be updated. The focus of the program is environment, economy and energy. Further data of Chisinau had been added to the program to execute the calculation. The data can be broken up in two parts, one in general data and one in specific data for Chisinau. To collect relevant and necessary information a literature study has been executed. The information related to Chisinau has been obtained through contacts.

The result shows that Chisinau has potential for investment of two incinerators for a power plant that has a total installed power of 150 MW if the waste that is deposited on landfill instead would be incinerated. According to the program's calculations, the produced heat was 1.16 TWh, which is equivalent to 46% of Chisinau's total steam-/heat production. The pay-back time of the two incinerators would be approximately three years and this short pay-back time is due to incomes related to the fuel and the incineration and that no operating and maintenance cost are considered. Another obtained result was that the emissions of CO₂-equivalenter decreased when waste is incinerated compared to a scenario where it is landfilled, and heat is produced from other finite fuels.

Sammanfattning

I denna rapport undersöks potentialen för avfallsförbränning i Moldaviens huvudstad Chisinau. Idag läggs de 900 000 invånarnas avfall på deponi och för att få värme förbränns gas som importeras från Ryssland. Systemgränser för denna studie är att enbart ång-/värmeproduktionen undersöks samt att inga praktiska förutsättningar tas hänsyn till vid beräkningarna.

För att genomföra undersökningen har ett Excel-program använts. Programmet skapades år 2009, vilket innebar att nyckeltal behövde uppdateras. Huvudområdena i programmet är miljö, ekonomi och energi. Vidare har data för Chisinau lagts in i programmet för att utföra beräkningar just för den staden. Data som tagits fram kan därför delas in i två delar, där den ena är generell och den andra delen specifik för Chisinau. För att få fram relevant och nödvändig information till programmet har en litteraturstudie genomförts. Informationen relaterat till Chisinau har till största del erhållits genom kontakter.

Resultatet visar att Chisinau har tillräckligt med avfall för att kunna investera i två förbränningspannor som sammanlagt har en installerad effekt på 150 MW till en kraftvärmelanläggning. Detta under förutsättning av att allt avfall som idag läggs på deponi skulle gå till förbränning. Den producerade värmen blev enligt beräkningar 1,16 TWh, vilket motsvarar 46% av Chisinaus totala ång-/värmeproduktionen. Vid investering av två pannor skulle återbetalningstiden enligt programmets beräkningar bli cirka tre år. Att återbetalningstiden blir kort är tack vare att det blir inkomster från både bränslet och förbränningen samt att inga drift- eller underhållskostnader har tagits i beaktning. Ytterligare ett resultat var att utsläpp i form av CO₂-ekvivalenter minskar vid avfallsförbränning jämförelsevis med deponering och användning av annat bränsle till värmeproduktion.

Innehållsförteckning

Figurförteckning

Tabellförteckning

1.	Inledning	1
1.1	Moldavien	1
1.2	Syfte	1
1.3	Mål	2
1.4	Systemgränser	2
1.5	Uppdelning av arbete	2
2.	Teori	3
2.1	Avfallstrappan.....	3
2.2	Energiinnehåll i avfall.....	4
2.3	Avfallsförbränning.....	4
2.3.1	Rosterpanna	5
2.3.2	Kraftvärmeverk	6
2.3.3	Rökgaser och rökgasrening	7
2.4	Skillnad mellan deponi och soptipp.....	7
3.	Metod.....	8
3.1	Chisinau	8
3.2	Verktyg.....	9
3.3	Investeringskalkyler	9
3.4	Miljöberäkningar	10
4.	Data	10
4.1	Data Program	10
4.1.1	Sammansättning av deponigas	10
4.1.2	CO ₂ -utsläpp från avfallsförbränning	11
4.1.3	CO ₂ -utsläpp från värmeproduktion	11
4.2	Data Chişinău.....	12
4.2.1	Avfallsmängd	12
4.2.2	Investering	13
4.2.3	Inkomster	14
4.2.4	Återbetalningstid	14
4.2.5	Sammansättning av deponigas	15
4.2.6	CO ₂ -utsläpp från deponi.....	15
4.2.7	CO ₂ -utsläpp från värmeproduktion	16

4.2.8	Energiutvärdering	16
5.	Resultat	16
5.1	Avfallsmängd och energipotential	16
5.1.1	Avfallsmängd	16
5.2	Ekonomi	17
5.2.1	Investering	17
5.2.2	Inkomster	17
5.2.3	Återbetalningstid	18
5.3	Miljö.....	19
5.3.1	CO ₂ -ekvivalentutsläpp från deponi	19
5.3.2	CO ₂ -utsläpp från värmeproduktion	19
5.3.3	Totala CO ₂ e-besparingar	20
5.4	Energi.....	21
5.4.1	Energiutvärdering	21
6.	Diskussion	22
7.	Slutsats.....	23
	Referenser	25

Figurförteckning

Figur 1. Avfallstrappan	3
Figur 2. Principiell skiss över en snedrost (Nilsson 2015).....	5
Figur 3. Graf över återbetalningstiden för avfallsförbränningsanläggningen.	18
Figur 4. Diagrammet visar hur stora utsläppen då avfallet läggs på deponi mot om det förbränns.....	19
Figur 5. Diagrammet visar koldioxidutsläpp från värmeproduktionen idag och från avfallsförbränning.....	20
Figur 6. Diagrammet visar de sammanlagda utsläppen idag, för värmeproduktionen och utsläppen från deponi, mot de totala utsläppen vid avfallsförbränning. Detta då produktion är lika stor.	21
Figur 7. Jämförelse mellan dagens ång-/värmeproduktion och möjlig produktion från avfallsförbränning.....	21

Tabellförteckning

Tabell 1. Tabellen visar fördelningen av arbetet för projektet.	3
Tabell 2. Gasutsläpp från deponering visat i både procentuell andel samt densitet av gasen.	11
Tabell 3. Emissionsfaktorer för hushållsavfall vid stationär förbränning inom el- och fjärrvärmeproduktion (Morfeldt 2017).	11
Tabell 4. Koldioxidekvivalenter (Johnke u.å.).	11
Tabell 5. Värmevärden för olika bränslen (Harrysson 2016).....	12
Tabell 6. Emissionsfaktorer för olika bränslen vid stationär förbränning inom el- och fjärrvärmeproduktion (Morfeldt 2017).	12
Tabell 7. Bakgrundsinformation om Chişinău.	13
Tabell 8. Kostnaden för att bygga en panna.....	14
Tabell 9. Kostnader för avfallshämtning, elektricitet och värme/ ånga tillsammans med andel producerad el och värme/ånga.....	14
Tabell 10. Variabler till de ekonomiska beräkningarna (Arnberg 2017).....	15
Tabell 11. Andel biogas som fångas in från avfall samt fossil andel i avfall	15
Tabell 12. Andelar för värmeproduktion.....	16
Tabell 13. Grundläggande resultat för vidare beräkningar.....	17
Tabell 14. Investeringskostnader för avfallsförbränningsanläggningen.....	17
Tabell 15. De årliga inkomsterna för Chisinau kommun.	18
Tabell 16. Inkomster visat i tre olika valutor.....	18

1. Inledning

1.1 Moldavien

Moldavien är ett land som till ytan är ungefär lika stort som Småland och har en befolkningsmängd på 3 556 400 personer. Landet ligger i Östeuropa och strävar efter att bli ett medlemsland i EU (Holmertz 2013). Chişinău är huvudstaden i landet och kommunen har en befolkningsmängd på cirka 900 000 invånare (Arnberg 2017).

Import i form av olja och gas är viktig för Moldaviens energiförsörjning. Gas importerad från Ryssland är det bränsle som främst används vid värmeproduktion (Arnberg 2017). Landets egna energikällor täcker mindre än 25 procent av det inhemska behovet. Moldaviens elkraft produceras till 95 procent av kraftverk som förbränner gas (Holmertz 2013). I landet finns även ett vattenkraftverk som resterande elektricitet erhålls från (Holmertz 2013).

Användningen av den ryska gasen skulle på sikt kunna minskas om landets avfall togs omhand på ett effektivt sätt. Problemet med landets avfallshantering består dels av underutvecklade system i städer och större samhällen samt bristande teknik för att utnyttja avfallet. Detta innebär att större delen av landets avfall idag läggs på deponi. Det görs idag satsningar för att förbättra denna hantering och mål har satts fram till år 2027 (Osteuropaverein 2014). Satsningarna sker både nationellt och lokalt, och ett exempel på detta är den planerade avfallsförbränningsanläggningen i Chisinau (IVL u.å.).

1.2 Syfte

Syftet med projektet är att bedöma potentialen för energiutvinning samt miljömässig och ekonomisk nytta vid förbränning av avfall i Chişinău, Moldaviens huvudstad. Bedömningen kommer göras med hjälp av en programvara som utför nödvändiga beräkningar. Den miljömässiga nyttan kommer redovisas som växthusgasutsläpp i koldioxidekvivalenter och den ekonomiska nyttan kommer redovisas som investeringskostnader, inkomster och återbetalningstid.

1.3 Mål

Målet med projektet är att påvisa ett resultat för potentialen av avfallsförbränning i Chişinău, Moldaviens huvudstad i form av energiutvinning, växthusgasutsläpp och återbetalningstid.

1.4 Systemgränser

Undersökningen har begränsats till att enbart undersöka ång-/värmeproduktion. Vidare är studien rent teoretisk, vilket innebär att det inte tagits någon hänsyn till praktiska aspekter. Några exempel på aspekter som begränsar produktionen är organisationen kring avfallsinsamling, tillgång till kapital för att finansiera en potentiell anläggning och kapaciteten på dagens fjärrvärmenät.

Avfallets energiinnehåll påverkas av dess sammansättning. Denna studie bortser från energiinnehållet i metall och glas. Det förekommer även avgränsningar sett till miljöpåverkan, där studien begränsas till enbart utsläpp av växthusgaser.

I de ekonomiska beräkningarna undersöks återbetalningstiden. När denna beräknas tas ingen hänsyn till årliga utgifter för pannan, så som drift- och underhållskostnader, då det enbart är den totala investeringskostnaden som jämförs mot de årliga inkomsterna.

1.5 Uppdelning av arbete

Arbetet har delats upp mellan de två projektdeltagarna och en detaljerad beskrivning över denna uppdelning kan ses i tabell 1.

Tabell 1. Tabellen visar fördelningen av arbetet för projektet.

Agnes	Linnéa
Information om panna	Information om energiinnehåll i avfall
Utsläpp av CO ₂ , CH ₄ och N ₂ O	Utsläpp CO ₂ , CH ₄ och N ₂ O
Ekonomiska beräkningar	Information om Moldavien, invånare, avfallsmängd och sortering av avfall
Moldaviens energisektor idag med fördelning mellan olika energislag	Moldaviens energisektor med fördelning då avfallsförbränning blir en del
Bygga upp ny sida med grafer över energifördelning	Bygga upp ny sida med grafer över energifördelning
Göra slutfinish på programmet	Göra slutfinish på programmet
Göra slutfinish på rapporten	Göra slutfinish på rapporten

2. Teori

2.1 Avfallstrappan

Avfallstrappan, eller avfallshierarkin som den även kallas, visar i vilken ordning som hanteringen av avfall ska genomföras för att miljön ska påverkas så lite som möjligt. Det finns fem steg i avfallstrappan, vilket kan ses i figur 1. Det översta är steget som visar vad som är bäst för miljön.



Figur 1. Avfallstrappan

I första hand bör avfall förebyggas, med andra ord minska mängden avfall. Några exempel på hur förebyggandet av avfall kan genomföras är att ersätta icke-laddningsbara batterier med laddningsbara batterier eller genom att använda tygblöjor istället för pappersblöjor. Den andra fasen i trappan är återanvändning. Återanvändning sker exempelvis då en soffa köps i andra hand. På plats tre i hierarkin kommer återvinning. Avfall som sorteras efter material kan återvinnas till en ny produkt. Ett exempel på detta är metaller, såsom att en gammal konservburk kan bli en ny konservburk. Avfallstrappans fjärdesteg är energiåtervinning. Idealt har då de tidigare stegen genomförts, vilket innebär att det inte går att utnyttja materialet vidare mer än genom förbränning. Det sista steget är deponi och det innebär i princip att avfallet läggs på hög under kontrollerade betingelser. (Avfall Sverige u.å.)

2.2 Energiinnehåll i avfall

Energiinnehållet i avfall är varierande, eftersom sammansättningen av avfall är varierande. Ju bättre sorterat avfallet är desto mer förutsägbart är energivärdet. Då hushållsavfall undersöks med avseende på dess potential för avfallsförbränning kan det i stort delas upp i tre grupper; papper, plast och matavfall. Dessa grupper förutsätter att metaller och miljöfarligt avfall sorterats ut tidigare i kedjan. De tre grupperna skiljer sig i energivärde. Papper har ett energivärde på 3,5–3,7 MWh per ton avfall medan plast har energivärdet 8–10 MWh per ton och matavfall har ett energivärde på ungefär 2 MWh per ton (RVF, 2005, s33-34). Avfallet är i många fall sammansatt av en blandning av de tre stora grupperna med en viss del från ytterligare annat avfall. Det gör att det kan vara svårt att förutsäga energivärdet i avfallet.

Undersöks industriavfall varierar även det i energiinnehåll. Det beror på att sammansättningen i avfallet också här är olika. Sammansättningen i avfallet beror på från vilket företag och vilken bransch som avfallet kommer från. Studier för Sverige har visat att energivärdet från industriavfall i allmänhet är 3,5 – 4,0 MWh per ton (RVF, 2005, s33-34).

2.3 Avfallsförbränning

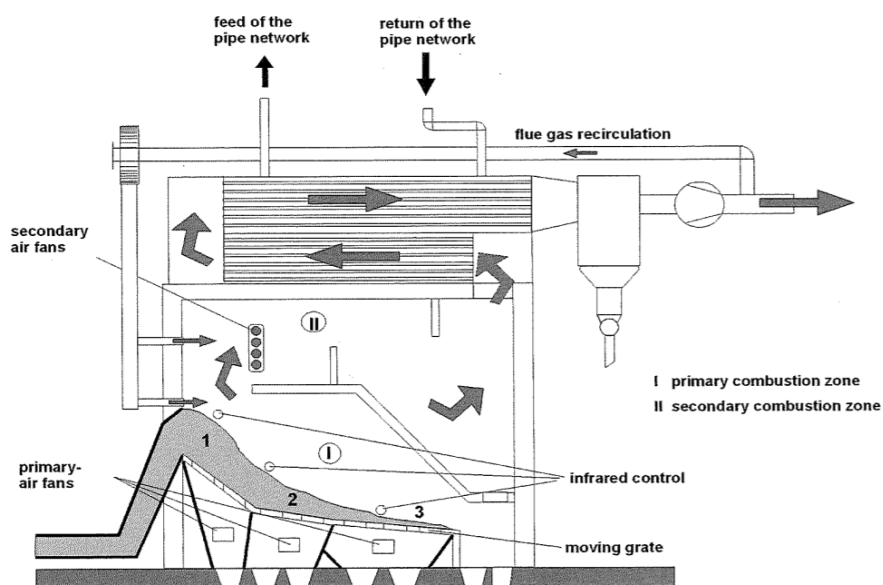
Vid avfallsförbränning finns framförallt två olika tekniker, förbränning på roster eller med fluidiserande bäddar (Johansson 2011). Roster är den tekniken som har dominerat (RVF 2005), vilket kan bero på att det finns ett brett spann av avfall som kan förbrännas i en sådan panna (Thomé-Kozminsky och Thiel 2014). Vidare behöver inte avfallet förbehandlas vid förbränning i rosterpannor, då de klarar av ett heterogent bränsle (Thomé-Kozminsky och

Thiel 2014). Detta i kontrast mot fluidiserande bädd-pannor, vilka kräver ett homogent och finfördelat bränsle. Avfallet måste därför både sorteras och sönderdelas i en separat anläggning (RVF 2005).

I denna rapport kommer det antas att en rosterpanna används, vilket kan motiveras med att en sådan panna klarar av ett heterogent bränsle och kräver inte samma förbehandling av bränslet. Detta föranleder att ytterligare teori kommer presenteras om denna teknik.

2.3.1 Rosterpanna

Utformningen av rostern kan variera, där den enklaste modellen är fast planrost och används framförallt i mindre värmecentraler (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.). Andra modeller som finns är snedrost eller trapprost och den förstnämnda är speciellt lämplig för bränslen med hög fukthalt, så som vissa former av avfall (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.). Rosten kan även vara rörlig och genom rörelse av de två parallella stavarna som rosten är uppbyggd av förflyttas avfallet. Denna förflyttning leder till att förbränningen blir mer fullständig. En principiell skiss över en snedrost kan ses i figur 2.



Figur 2. Principiell skiss över en snedrost (Nilsson 2015).

Vid förbränning i rosterpanna är hanteringen av avfallet viktigt (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.). Avfallet bör vara jämnt fördelat över rostern för att skapa de bästa förutsättningarna för

förbränningen. Ett ojämnt lager kan antingen leda till så kallade stråk i förbränningskammaren eller till att allt avfall inte förbränns (ÅF Energi & Miljöfakta).

Luft tillsätts i olika zoner, där den största mängden tillförs under rosten i form av primärluft (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.). Återförd rökgas och sekundärluft tillförs ovanför eldstaden, då detta säkrar en bra utbränning (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.). Att förbränna ett ton avfall kräver 4000 – 5000 m³ luft och sättet som denna tillförs påverkar hur god förbränningen kommer vara (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.). Om luftinblandningen inte är tillräckligt god finns risken att ofullständigt förbrända rökgaser släpps ut, vilket även kan vara resultatet av för låg temperatur (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.). Normaltemperatur vid förbränning är mellan 850 och 1100 °C (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.).

2.3.2 Kraftvärmeverk

Ett kraftvärmeverk är en anläggning som både producerar varmvatten och elektricitet. I pannväggarna finns vattenfyllda rör, till vilka de varma rökgaserna lämnar ifrån sig en del av sin värme. Det bildas då ånga som fångas upp i en ångdom. Ångan leds genom en överhettare, vilken höjer temperaturen på mediet ytterligare. Därefter driver ångan en eller flera turbiner. Vid fallet med flera turbiner förekommer mellanliggande överhettare. Ökad temperatur och tryck ökar mängden el i förhållande till värme som produceras, vilket är eftersträvansvärt, men medför även problem i form av större påfrestningar på komponenterna i anläggningen (Alvarez 2006). Turbinen, eller turbinerna, producerar elektricitet genom att driva en generator. Det resterande energiinnehållet i ångan används sedan i exempelvis ett fjärrvärmenät, där ångan leds genom en kondensator. Det uppvärmda vattnet matas ut till kunderna och det kalla vattnet matas in genom en matarvattenpump till pannan igen.

Verkningsgraden för produktion av värme och el från avfallsförbränning varierar mellan olika pannor. I rapporten används antagandet att totalverkningsgraden för pannan är 85 procent, vilket bygger på antaganden från andra studier som studerats (RVF 2003 s.10). Andelen producerad el jämfört med producerad värme i en avfallsförbränningsanläggning är i allmänhet under 35 procent (Arnberg 2017). För att öka andelen producerad el krävs en högre temperatur och ett högre tryck, vilket skulle innebära alltför stor påfrestning på komponenterna. Att ha en hög andel producerad elektricitet är önskvärt ur ett ekonomiskt perspektiv och därmed har en fördelning mellan el och värme på 34 respektive 66 procent antagits.

2.3.3 Rökgaser och rökgasrening

Rökgaserna stiger genom pannans förbränningsrum och beroende på temperaturen hos gaserna kan föroreningarna uppträda i två olika former, nämligen stoftformiga och gasformiga (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.). Till gruppen gasformiga föroreningar tillhör exempelvis svaveldioxid och kvävedioxid, medan exempelvis organiska föroreningar både kan uppträda i gas- och stoftform (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.). Det är framförallt avfallens sammansättning som påverkar vilka föroreningar som släpps ut.

De metoder som finns för att rena rökgaserna från föroreningar kan delas in i fyra grupper. Dessa grupper är torr rening, stoftavskiljning, rening av kväveoxider och våt rening. Den torra reningen innebär att kalk tillsätts i rökgaserna, vilket neutraliserar dessa innan stoftavskiljningen (Naturvårdsverket 2005). Innan avskiljningen av stoft kan även aktivt kol tillsättas som absorberar dioxiner och andra gasformiga föroreningar (ÅF Energi & Miljöfakta u.å.).

Stoftavskiljning kan ske med hjälp av ett elfilter, vilket innebär att partiklarna i rökgasen blir negativt laddade (Sjöström 2003). Detta leder till att de attraheras av de positivt laddade utfällningsplåtarna och fastnar på dessa (Sjöström 2003). Stoftavskiljning kan även ske med hjälp av ett spärfilter eller som kombination av de båda teknikerna.

Vidare kan rökgasernas kväveoxidnivå reduceras med hjälp av icke-katalytisk rening (SNCR), vilket innebär att det till rökgasernas sprutas in ammoniak eller urea.

Kväveoxidnivån kan även reduceras med katalytisk rening (SCR). SCR-katalysatorn kan antingen sitta direkt efter pannan eller efter stoftreningen. (Karlsson 2016)

Våt rening innebär att en eller flera skrubbar, eller tvättreaktorer, i princip tvättar rökgasen genom olika mekaniska och kemiska processer (RVF 2005). Denna rening utförs för att avskilja sura gaser, så som HCl och SO₂ (Karlsson 2016).

2.4 Skillnad mellan deponi och soptipp

En deponi är en plats där avfall dumpas och i dagligt tal kallas dessa platser för ”soptippar”. I praktiken skiljer sig en deponi och en soptipp, där skillnaden är att en deponi har en genomtänkt konstruktion för att minska dess miljöpåverkan. I Chisinau finns idag soptippar, där de lägger samtligt avfall.

Vid en deponi finns bland annat bottentätningar och geologiska barriärer (Statens Geologiska Institut 2016). Då det regnar på en deponi färdas vattnet genom avfallet. På den vägen kan vattnet ta upp, för naturen, skadliga ämnen. För att minska risken för att detta lakvattnen ska släppas ut i naturen finns dräneringssystem under deponin, vilket leder vattnet genom ett reningssystem innan det släpps ut (Collini 2016).

Spridning av föroreningar från en deponi eller en soptipp kan även ske i gasform. Vilka föroreningar som avgår från dessa varierar beroende på avfallshantering samt hur gammal deponin eller soptippen är. De två huvudsakliga beståndsdelarna i gasen är koldioxid och metangas, vilka vanligen motsvarar 25–40 % respektive 45-55 % av utsläppen. Övriga gaser som kan förekomma är kvävgas, kolmonoxid, syre, svavelväte samt flyktiga organiska föreningar. (RVF 2002)

3. Metod

3.1 Chisinau

Informationen som krävdes för att genomföra projektet har dels tagits fram genom att studera relevant litteratur och studier. Vidare har information mottagits från representanter i Moldavien samt från handledare till projektet, Ronny Arnberg. Den information som behövdes om Chisinau för att erhålla ett resultat var:

- Befolkning
- Avfallsmängd
- Sortering och återvinning av avfall
- Energivärde i avfallet
- Pris för upphämtning av avfall och för el, värme och ånga
- Utnyttjande av deponigas
- Fossil andel i avfallet
- Hur dagens produktion av värme och ånga ser ut
- Hur mycket värme och ånga som används idag
- Avskrivningstid på investeringar
- Kalkylränta
- Vinstskatt

Den fakta som samlats in har lagts in i Excel-programmet för att beräkna potentialen till avfallsförbränning i Chisinau. I programmet förutsätts det att allt avfall som idag läggs på deponi kommer gå till förbränning.

3.2 Verktyg

Idag finns en version av en programvara, uppbyggd av Excel och Visual Basic, vilken utför beräkningar på avfallsförbränningsanläggningar. Programvaran beräknar den potentiellt producerade elektriciteten och värmen i en avfallsförbränningsanläggning tillsammans med ekonomiskt resultat vid uppstart av en ny anläggning. Miljöpåverkan i form av växthusgasutsläpp från deponering och avfallsförbränning kan också erhållas i programmet, vilket gör det möjligt att jämföra de två metoderna för att hantera avfall.

Då programvaran är från 2009 behövdes den gås igenom för att uppdateras och utvecklas för nyckeltal, ekvationer och utseende vilket också genomfördes i projektet. Det som har uppdaterats och utvecklats i programmet är det som presenteras i kapitlet Data programvara med hjälp av de ekvationer som presenteras i de två kommande kapitlen, Investeringskalkyler samt Miljöberäkningar. Vidare skapades också en ny sida med syfte att genomföra en energiutvärdering. Sidan visar hur stor del av dagens produktion av värme som kan ersättas av värmeproduktion med avfall som bränsle.

3.3 Investeringskalkyler

För att avgöra om en investering är lönsam eller inte kan olika metoder användas. I Excelprogrammet används nuvärdesmetoden, vilken beräknas med ekvation (1).

$$NV = \frac{CF}{(1 + p)^n} \quad (1)$$

Där NV är nuvärdet för en investering, CF är inbetalningar, p är den förutbestämde kalkylräntan och n beräkningsåret (E-conomic u.å.). För att avgöra om en investering är lönsam eller inte kan "net present value" (NPV) beräknas genom ekvation (2).

$$NPV = NV - I \quad (2)$$

Där I är investeringskostnad. I Excelprogrammet görs denna beräkning för varje år. Utifrån detta kan investeraren veta efter hur många år som investeringen är lönsam.

3.4 Miljöberäkningar

De beräkningar kring utsläpp som utförs i programmet bygger på Naturvårdsverkets ekvation, ekvation (3), (Naturvårdsverket, 2017). Ekvationen ger växthusgasutsläpp genom att multiplicera bränsleförbrukningen med bränslets värmevärde och emissionsfaktor. Vidare beräknas sedan utsläppen om till CO₂-ekvivalenter genom att multiplicera med utsläppets CO₂-ekvivalent. Nyttan med att beräkna samtliga utsläpp i CO₂-ekvivalenter är att de då kan summeras.

$$Utsläpp \left[\frac{kg}{\text{år}} \right] = \text{Bränsleförbrukning} \left[\frac{m^3}{\text{år}} \right] * \text{Värmevärde} \left[\frac{MWh}{m^3} \right] * \text{Emissionsfaktor} \left[\frac{kg}{MWh} \right] \quad (3)$$

4. Data

Data som presenteras i avsnittet Data Chisinau är data som använts i programmet för att påvisa potentialen för avfallsförbränning i Chisinau. Programmet är uppbyggt 2009 vilket gjort att vissa värden, ekvationer och förhållanden har setts över och uppdaterats. Dessa data presenteras i avsnittet Data Program. Det går att finna kopplingar mellan varje avsnitt och en flik i Excel-programmet.

4.1 Data Program

4.1.1 Sammansättning av deponigas

För att kunna jämföra de miljömässiga olikheterna mellan deponering och avfallsförbränning användes sammansättningen som visas i tabell 2 av deponigasen. Detta utifrån antaganden grundade på studien från RVF (2002). Detta avsnitt kan kopplas till fliken ”Landfill gas composition” i Excel-programmet samt till ekvation 3 i rapporten.

Tabell 2. Gasutsläpp från deponering visat i både procentuell andel samt densitet av gasen.

Ämne	Emissionsandel [%]	Densitet [kg/m ³]*
CH ₄	60	0,717
CO ₂	40	1,98

*(Göteborg Energi 2015)

4.1.2 CO₂-utsläpp från avfallsförbränning

Tabell 3 visar de emissionsfaktorer som använts för beräkningarna av utsläpp i programmet vid avfallsförbränning. Denna beräkning sker under fliken ”CO₂ emissions from landfill”.

Tabell 3. Emissionsfaktorer för hushållsavfall vid stationär förbränning inom el- och fjärrvärmeproduktion (Morfeldt 2017).

Ämne	Emissionsfaktor [kg/MWh]
CH ₄	0,018
CO ₂	122,22
N ₂ O	0,0144

Genomgående i programmet omvandlas utsläppsenheten till koldioxidekvivalenter och i tabell 4 visas de faktorer som använts i beräkningarna.

Tabell 4. Koldioxidekvivalenter (Johnke u.å.).

Ämne	CO ₂ -ekvivalent
CH ₄	21
CO ₂	1
N ₂ O	310

4.1.3 CO₂-utsläpp från värmeproduktion

Detta avsnitt kan kopplas till Excel-programmet via fliken ”CO₂ emissions from heat prod.”.

Tabell 5 visar värmeverdet för olika bränslen som används vid ånga- och värmeproduktion. Dessa värden krävs att utföra beräkningen av utsläpp, vilken sker med hjälp av ekvationen som visas i metodavsnittet.

Tabell 5. Värmevärden för olika bränslen (Harrysson 2016).

Bränsle	Värmevärde
Gas (Naturgas)	0,01094 [MWh/m ³]
Diesel (Dieselbränsle)	9,8 [MWh/m ³]
Olja (Eldningsolja 2–6)	10,58 [MWh/m ³]
Kol (Stenkol)	7,56 [MWh/ton]

I programmet beräknas utsläpp från förbränning av olika bränslen. Detta sker med hjälp av ekvationen som presenteras i metodavsnittet. För att denna beräkning ska kunna genomföras krävs emissionsfaktorer för respektive bränsle, vilka visas i tabell 6.

Tabell 6. Emissionsfaktorer för olika bränslen vid stationär förbränning inom el- och fjärrvärmeproduktion (Morfeldt 2017).

Bränsle	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
	[kg/MWh]	[kg/MWh]	[kg/MWh]
Gas (Naturgas)	0,0036	204,984	0,00036
Diesel (Dieselbränsle)	0,0036	259,236	0,00216
Olja (Eldningsolja 2–6)	0,0072	274,32	0,018
Kol (Stenkol)	0,0036	334,8	0,1188

4.2 Data Chişinău

4.2.1 Avfallsmängd

Detta avsnitt kan kopplas ihop med fliken ”Waste Amounts” i Excel-programmet. I tabell 7 visas grundinformation om Chişinău så som invånare, avfallsmängd och liknande.

Tabell 7. Bakgrundsinformation om Chişinău.

Variabel	Värde
Invånare	900 000 ¹
Avfall per capita	1,3 kg/person och dag ²
Industriavfall	50 000 ton
Återvinning	5 % ²
Farligt avfall	0,5 % ²
Biologisk behandling	0 % ²
Deponi	94,5 % ³
Värmevärde industriavfall	3,5 MWh/ton ⁴
Värmevärde hushållsavfall	3 MWh/ton ⁴

4.2.2 Investering

I programmet beräknas investeringskostnaden för att installera en panna med maxstorlek på 100 MW och dessa värden visas i tabell 8. Vid fall då det krävs en lägre eller högre installerad effekt skalas denna kostnad om. I Chişinăus fall 2 pannor med en sammanlagd installerad effekt på 150 MW, vars kostnader har satts efter diskussion med Arnberg (2017) och grundar sig på en fallstudie med liknande förutsättningar och kostnadsnivå, som

¹ Skriftlig information från Cristina Manjos (2017).

² Värdet har erhållits från Ronny Arnberg (2017) och med antaganden angavs värdet 5 procent. Den information som antagandet bygger på är att staden återvinner lite plast och lite metall men förövrigt sker ingen återvinning eller annan biologisk behandling. Vidare antogs 0,5 % farligt avfall, då denna andel inte skiljer sig speciellt mycket mellan u- eller i-länder.

³ Resterande avfall som inte är farligt avfall eller som återvinns läggs på deponi.

⁴ Värdet bygger på en uppskattning från den information som presenteras i kapitel 3.2 Värmevärde i avfall tillsammans med den erhållna informationen om minimal återvinning samt information om sammansättningen har lett till de antagna värdena. Hushållsavfallet innehåller mycket organiskt material, vilket har ett lågt värmevärde. Industriavfallet är torrare och har därmed ett högre värmevärde.

föreliggande studie för Chişinău. Detta avsnitt kan kopplas till fliken ”Investments” i Excel-programmet.

Tabell 8. Kostnaden för att bygga en panna.

	Kostnad [Euro]
Förbränningspanna	80 000 000
Rökgasrening etc.	24 500 000

4.2.3 Inkomster

Informationen som visas i tabell 9 användes för att beräkna inkomsterna från förbränningsanläggningen som system. Denna information kan kopplas till fliken ”Incomes” i Excel-programmet. Inkomstinformationen har erhållits från Manjos (2017) och andelen elektricitet relaterat till andelen ånga/värme bygger på teorin som presenteras i stycke 3.3.2.

Tabell 9. Kostnader för avfallshämtning, elektricitet och värme/ ånga tillsammans med andel producerad el och värme/ånga.

	Hushållsavfall	Industri
Avgift [SEK/ton avfall]	34,8	159,8
Elektricitet [SEK/kWh]	1,03	1,03
Ånga/värme [SEK/kWh]	0,52	0,52
Produktion elektricitet [%]	34	34
Produktion ånga/värme [%]	66	66

4.2.4 Återbetalningstid

Detta avsnitt kan kopplas till fliken ”Pay-back time” i Excel-programmet. För att programmet ska kunna utföra de ekonomiska beräkningarna krävs vissa värden, vilka visas i tabell 10. Dessa värden användes för att beräkna den årliga kostnaden samt den årliga avkastningen. Vidare antogs en livstid för pannan på 25 år, vilket styrde längden som undersöktes för återbetalningstiden (Dahlqvist, Nyrén u.å.).

Tabell 10. Variabler till de ekonomiska beräkningarna (Arnberg 2017).

Variabler	Värde
Intern elektricitetsförbrukning [andel]	1/7
Avskrivningstid [år]	10
Skatt på vinsten [%]	10,4
Kalkylränta [%]	12

4.2.5 Sammansättning av deponigas

Enligt teorin som presenteras i stycke 3.4 bidrar fler ämnen än metan och koldioxid till utsläpp från en deponi, men det är dessa två som är de två huvudsakliga. Det har därför gjorts en förenkling i programmet, där endast metan och koldioxid är beståndsdelar i utsläppen. Detta kan ses under fliken ”Landfill gas composition” i Excel-programmet. Enligt krav från programmet krävs att andelen från de båda motsvarar 100 %, vilket innebar att den procentuella andelen, som visas i tabell 2, är något högre än vad som presenteras i teoriavsnittet.

4.2.6 CO₂-utsläpp från deponi

I programmet under fliken ”CO₂ emissions from landfill” i Excel-programmet beräknades utsläpp av lustgas, metan och ”fossil koldioxid” från en deponi. Med fossil koldioxid menas den andel koldioxid vars ursprung är av fossila material. Information relevant för Chişinău och som är nödvändig för denna beräkning i tabell 11.

Tabell 11. Andel biogas som fångas in från avfall samt fossil andel i avfall

Variabel	
Andel biogas som fångas in	0 %
Fossil andel i avfall	15 %
Biogasproduktion från avfall	150 m ³ /ton avfall ⁵

⁵ (Amovic 2017)

4.2.7 CO₂-utsläpp från värmeproduktion

För att programmet under fliken ”CO₂ emissions from heat prod.” ska kunna beräkna koldioxidutsläpp från dagens produktion av värme/ånga krävs information om vilken typ av bränsle som används. I Chişinău drivs denna produktion enligt fördelningen som visas i tabell 12 (Arnberg 2017).

Tabell 12. Andelar för värmeproduktion.

Bränsle	Andel [%]
Gas	100
Diesel	0
Olja	0
Kol	0
Biogas	0

4.2.8 Energiutvärdering

Programmet utförde en energiutvärdering under fliken ”Energy evaluation”, vilken krävde information om hur stort behov Chişinău har av värme/ånga idag. Produktionen av värme/ånga är totalt 1 668 000 MWh (Delta Polar Consulting 2017).

5. Resultat

5.1 Avfallsmängd och energipotential

5.1.1 Avfallsmängd

Om ingen deponi sker kommer 94,5 procent av den totala mängden avfall gå till förbränning. I tabell 13 ses hur mycket avfall det utgör samt hur mycket total energi det ger tillsammans med installerad effekt och hur många pannor som krävs för att kunna förbränna mängden avfall. Antalet pannor som krävdes var två. Detta beror på att den installerade effekten blev

större än 100 MW, vilket är maximala effekten per panna. Indata till beräkningarna för dessa värden hittas i kapitel 4.1.1.

Tabell 13. Grundläggande resultat för vidare beräkningar.

	Hushållsavfall	Industriavfall
Total mängd till förbränning [ton]	396 900	50 000
Producerad ånga/värme & elektricitet [TWh]	1,01	0,15
Installerad effekt [MW]		150
Antal pannor		2

5.2 Ekonomi

5.2.1 Investering

I programmet redovisades investeringskostnaderna utifrån data presenterad i stycke 4.1.2. Investeringen för pannan var den största kostnaden och nästan fem gånger så stor som de övriga investeringskostnaderna. I tabell 14 visas dessa i tre olika valutor, SEK, euro och USD med valutakurs från 2017-09-28.

Tabell 14. Investeringskostnader för avfallsförbränningsanläggningen.

	SEK	Euro	USD
Panna	1 326 000 000	139 000 000	163 000 000
Rökgasrening etc.	287 000 000	30 000 000	35 000 000
Total	1 613 000 000	169 000 000	198 000 000

5.2.2 Inkomster

De årliga inkomsterna till kommunen beräknades med avseende på data presenterad i stycke 4.1.3 och visas i tabell 15.

Tabell 15. De årliga inkomsterna för Chisinau kommun.

	Hushållsavfall [SEK/år]	Industriavfall [SEK/år]
Behandlingsavgift	12 800 000	7 420 000
Elektricitet	329 000 000	48 400 000
Ånga/värme	320 000 000	47 000 000
Total	662 000 000	103 000 000

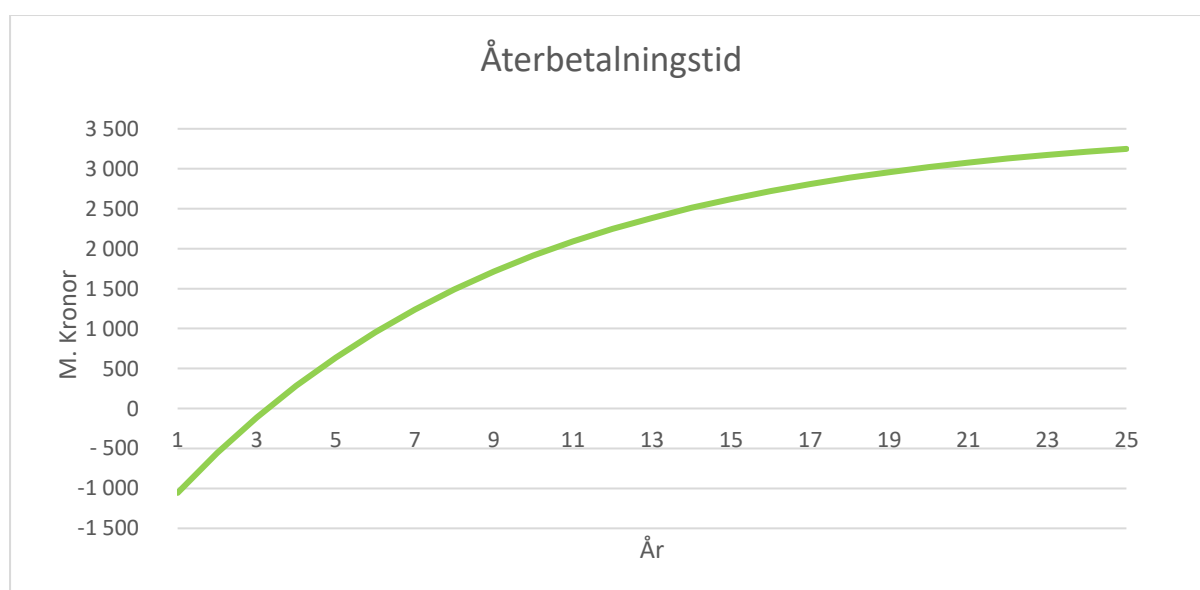
Omräknat till de olika valutorna fås resultatet som visas i tabell 16.

Tabell 16. Inkomster visat i tre olika valutor.

Valuta	Total
SEK	766 000 000
Euro	79 900 000
USD	93 900 000

5.2.3 Återbetalningstid

Genom att undersöka grafen som visas i figur 3 ses att avfallsförbränningsanläggningen är återbetald strax efter tre år. Detta kan ses genom att kurvan skär x-axeln vid ungefär tre år.

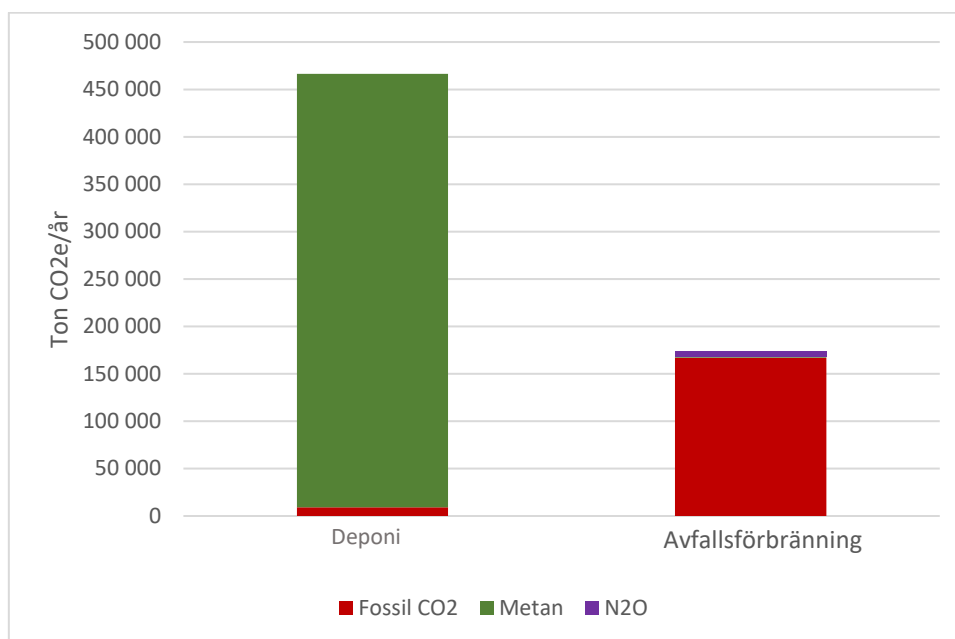


Figur 3. Graf över återbetalningstiden för avfallsförbränningsanläggningen.

5.3 Miljö

5.3.1 CO₂-ekvivalentutsläpp från deponi

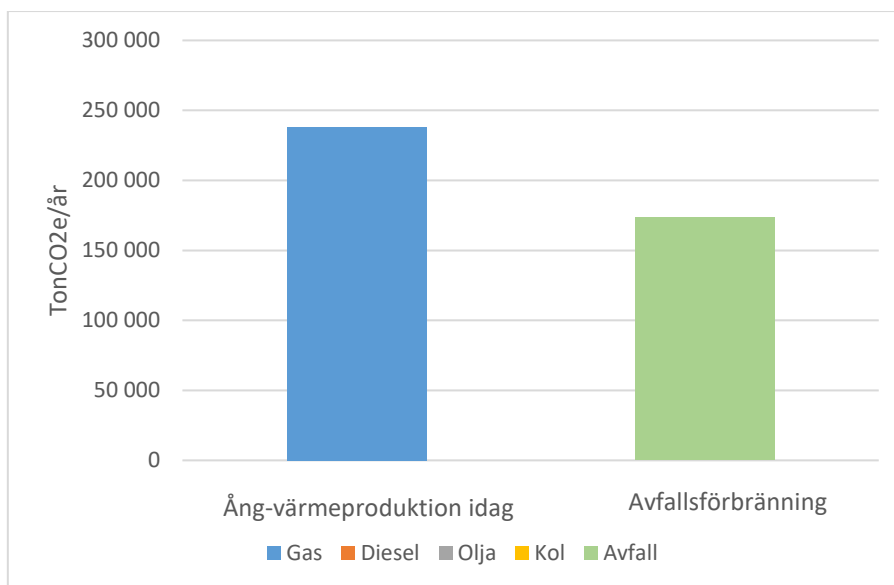
I figur 4 visas ett diagram över hur stora utsläppen är vid deponi jämfört med utsläppen vid avfallsförbränning. Värdena som kan utläsas är cirka 466 000 ton per år respektive cirka 174 000 ton per år.



Figur 4. Diagrammet visar hur stora utsläppen då avfallet läggs på deponi mot om det förbränns

5.3.2 CO₂-utsläpp från värmeproduktion

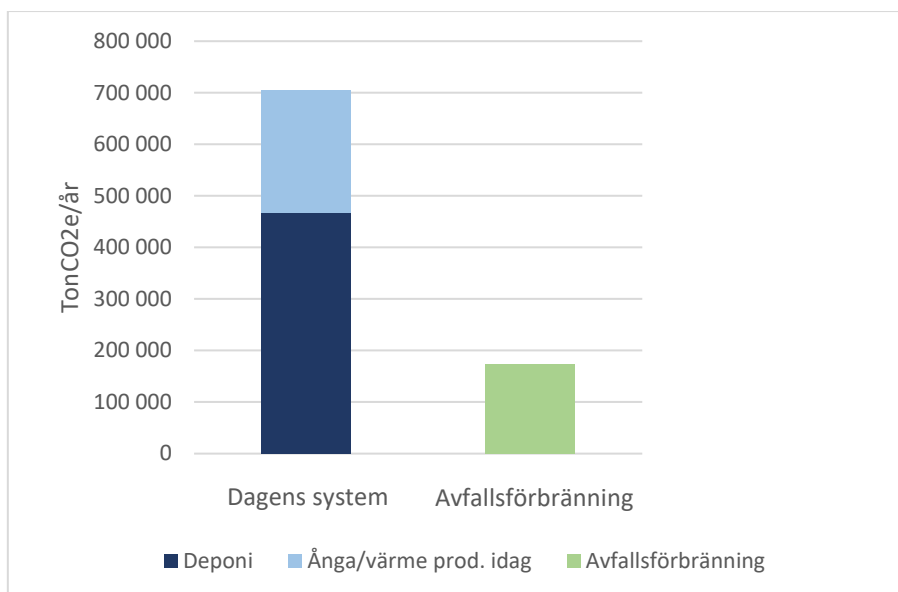
Figur 5 visar hur stora utsläpp det blir vid dagens produktion av värme och ånga, vilket sker med naturgas, tillsammans med hur stora utsläppen blir vid produktion av värme genom förbränning av avfall. Utsläppen visas i ton koldioxidekvivalenter per år och produktionen av värme/ånga är lika stor i de båda fallen, nämligen 76,56 GWh. Vad som kan avläsas i diagrammet är att utsläppen vid användning av naturgas är cirka 238 000 ton per år, medan de för avfallsförbränning är 174 000 ton per år.



Figur 5. Diagrammet visar koldioxidutsläpp från värmeproduktionen idag och från avfallsförbränning

5.3.3 Totala CO₂e-besparingar

I figur 6 jämförs de sammanlagda utsläppen från hur avfallet hanteras idag, med utsläpp från värme-/ångproduktion samt från deponi, mot utsläpp vid avfallsförbränning. Denna jämförelse är genomförd då samma mängd värme och ånga produceras. Med andra ord de utsläpp som blir då avfall läggs på deponi tillsammans med utsläpp vid värmeproduktionen från gas, vilket motsvaras av cirka 705 000 ton CO₂-ekvivalenter per år. Dessa utsläpp jämförs med värmeproduktion från förbränning av avfall, vilka är 174 000 ton CO₂-ekvivalenter per år.

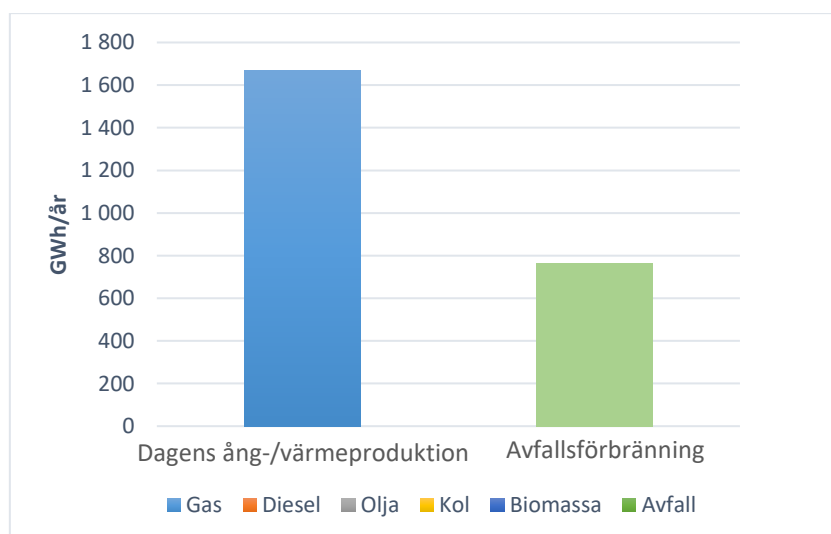


Figur 6. Diagrammet visar de sammanlagda utsläppen idag, för värmeproduktionen och utsläppen från deponi, mot de totala utsläppen vid avfallsförbränning. Detta då produktion är lika stor.

5.4 Energi

5.4.1 Energiutvärdering

En utvärdering av energiläget utfördes och resultatet visas i figur 7, där dagens ång-/värmeproduktion jämförs med ång-/värmeproduktion från den möjliga avfallsförbränningen. Enligt beräkningar skulle denna avfallsförbränning kunna motsvara 46% av den totala produktionen.



Figur 7. Jämförelse mellan dagens ång-/värmeproduktion och möjlig produktion från avfallsförbränning.

6. Diskussion

Vad som generellt kan sägas om resultatet är att det finns kapacitet för Chişinău att låta avfallsförbränningen stå för nästan 46% av den totala ång-/värmebehovet. Detta resultat påverkas av ett flertal faktorer som valts eller beräknats utifrån vissa antaganden. En sådan faktor är värmevärdet. I programmet användes ett värmevärde för hushållsavfall och ett annat, högre värde, för industriavfall. Att ett högre värde sattes för industriavfall faller sig naturligt, då detta avfall normalt sett är torrare än hushållsavfallet. Vidare är spannet för energivärdet snävare för industriavfall än vad det är för hushållsavfall, vilket innebär att störst osäkerhet ligger hos värmevärdet för just hushållsavfall. Värmevärdet beror på avfallets sammansättning, vilken i sin tur påverkas om återvinning eller annan biologisk hantering av avfallet sker. I Chişinău finns i princip ingen återvinning, vilket innebär att det exempelvis finns plast i avfallet. Plast har ett högt energiinnehåll i jämförelse mot papper eller matavfall och det energivärde som använts i denna rapport är en sammanvägning av dessa tre typer av avfall. Skulle Chişinău på sikt förbättra sin sortering av avfallet skulle energivärdet antagligen sänkas, på grund av minskad andel plast, men det skulle också leda till att ett noggrannare värde kan erhållas. Mängden avfall som går till förbränning skulle också minska om sorteringen av avfall skulle bli bättre för då skulle en större mängd återvinnas. Både mängden avfall och värmevärden i avfallet påverkar den installerade effekten som avgör hur många pannor som krävs. Med de valda värmevärdena och antagandet att allt avfall som går till deponi istället förbränns behövs två pannor.

Att investera i en panna är den största kostnaden vid nybyggnation av en avfallsförbränningsanläggning, men att investera i två pannor innebär inte att denna kostnad fördubblas. Det är inte ett linjärt samband mellan kostnaden och antalet pannor, vilket kan medföra att det kan vara mer ekonomiskt lönsamt att investera i två pannor på samma gång. Detta under förutsättning att det, idag eller på sikt, finns underlag för förbränning i fler än en panna. I resultatet visades att det skulle krävas två pannor i Chişinău för att ta tillvara på den totala avfallsmängden. Vidare påverkade detta återbetalningstiden, vilken blev strax över tre år. När återbetalningstiden beräknades togs bara ett fåtal komponenter hänsyn till. Skulle samtliga komponenter, övriga konstruktioner och årliga utgifter tas med i beräkningen är det sannolikt att återbetalningstiden förlängs. Hur mycket är svårt att säga. Återbetalningstiden påverkas också av de årliga inkomsterna, vilka beror av det pris som kunden får betala för dels elektricitet, ångan/värmen samt upphämtning av soporna. I Chişinău är priset på

elektricitet nästan dubbelt så högt som priset för ånga/värme. Trots det är inkomsterna från de två posterna ungefär lika stora, vilket beror på den kvot som finns mellan produktionen av ånga/värme och elektricitet. Andelen producerad elektricitet kan inte överstiga 35% på grund av begränsningar i pannan. Detta sätter därmed också begränsningar för inkomsten.

Som tidigare nämnts beror inkomsterna av den avgift som kunden betalar för att få sina sopor hämtade och vidare vad de betalar för att få utnyttja den producerade energin. Det är alltså inga ytterligare bränslekostnader vid förbränning av avfall, då det är kunden som i slutändan får betala. Detta skulle kunna gynna kommunens ekonomi, då de inte längre skulle stå i samma beroendeställning gentemot Ryssland och deras gas.

Studerars miljöpåverkan i form av växthusgasutsläpp från avfall på deponi och dagens värmeproduktion ger de bara var och en för sig större utsläpp i koldioxidekvivalenter än förbränning av avfall. Detta ses i figur 4 och 5 och summeringen ses i figur 6. Diagrammen ger en tydlig bild av att utsläppen är markant mindre om avfallet förbränns och värmen utnyttjas.

Teoretiskt kan ett flertal positiva följder ses av att installera en anläggning för avfallsförbränning. Hur detta sedan skulle ske rent praktiskt är inte något som denna studie tagit hänsyn till, men som i verkligheten självklart påverkar möjligheterna och viljan till att göra denna investering. Praktiska förhinder eller utmaningar skulle kunna vara sopupphämtning eller att fjärrvärmenätet behöver utvecklas.

7. Slutsats

Slutsatsen är att det är en god idé att installera minst en panna för avfallsförbränning i Chişinău. Fördelarna med att förbränna avfall är många och visas i resultatet. Utsläppen av växthusgaser kommer minska vilket ses i figur 6, utsläppen är stora vid deponi och vid förbränning av gas för att få värme. Om avfallet förbränns istället minskar båda dessa källor till utsläpp. En annan fördel med att förbränna avfall är den ekonomiska aspekten. Beroendet av import av naturgas från Ryssland minskar. Det är dessutom ett sätt att få betalt för bränslet som förbränns och samtidigt få betalt för värmen och elektriciteten som produceras. Då det är ovisst hur väl avfallet kommer sorteras ut och återvinnas i framtiden är det svårt att avgöra om det är lönsamt att investera i en eller två pannor. Bättre sortering kommer minska både

mängden avfall och andelen fossilt avfall som går till förbränning. Att andelen fossilt avfall minskar kommer också sänka värmevärdet, då det exempelvis består av plast. Dock är det fördel att göra en investering i två pannor på samma gång eftersom kostnaderna för den andra pannan inte blir lika stor som för den första om investeringen görs samtidigt.

Referenser

Alvarez, Henrik. 2006. *Energiteknik*.

Amovic, Marko. 2017. *Muntligkälla*. Cortus Energy.

Arnberg, Ronny. 2017. *Muntligkälla*. IVL och Borlänge Energi.

Avfall Sverige. *Reduce. Reuse. Rethink*.

<http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/foerebyggande-av-avfall/europa-minskar-avfallet/projektet/> (Hämtad 2017-04-19)

Collini, Sofie. 2016. *Deponering*. Uppsala vatten och avfall AB.

<http://www.uppsalavatten.se/sv/om-oss/verksamhet-och-drift/deponering/> (Hämtad: 2017-10-09)

e-conomic. *Nuvärde – Vad är nuvärde?*

<https://www.e-conomic.se/bokforingsprogram/ordlista/nuvaerde> (Hämtad 2017-05-19)

Dahlqvist, Kenneth och Nyrén, Gert. *Gasol – En brobyggare inför framtidens energi*. Kosan Gas.

<https://www.kosangas.se/varfoer-gasol/varfoer-gasol/miljoe/gasol-en-brobyggare-landing-page/> (hämtad: 2017-09-13)

Delta Polar Consulting. 2017. *Assessment of heat losses in district heating network in Chisinau*.

Göteborg Energi AB. 2015. *Miljörapport 2014 – Vikens biogasanläggning*. Göteborg Energi AB.

Harrysson, Johan. 2016. *Värmevärden från Energimyndighetens datalager (DW)*. Energimyndigheten.

Holmertz, Gert. 2013. *Moldavien*. Landguiden Utrikespolitiska institutet.

<http://www.landguiden.se/Lander/Europa/Moldavien?p=1> (Hämtad 2017-01-24)

IVL, Svenska Miljöinstitutet. *Project Description*. IVL, Svenska Miljöinstitutet.

Johansson, Inge. 2011. *Energiåtervinning, Tekniken*. Avfall Sverige.

<http://www.avfallsverige.se/avfallshantering/energiatervinning/tekniken/> (Hämtad 2017-04-19)

Johnke, Bernt. *Emissions from waste incineration*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Karlsson, Anna. 2016. *Förbränning – bränsle och rening*. Vattenfall AB Värme Uppsala.

Manjos, Cristina. 2017. *Mailkorrespondens*. Department for foreign relations, regional cooperation and European integration, City Hall of Chisinau Municipality.

Morfelddt, Johannes. 2017. *Emissionsfaktorer och värmevärden 2017*. Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket. 2005. *Förbränningsanläggningar för energiproduktion inklusive rökgasrening*. Naturvårdsverket.

Naturvårdsverket. 2017. *Beräkna dina klimatutsläpp*. Naturvårdsverket.
<http://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledningar/Luft-och-klimat/Berakna-dina-klimatutslapp/> (Hämtad 2017-04-21)

Nilsson, Daniel. 2015. *Förbränning av fasta bränslen*.

Osteuropaverein. 2014. *Improvement of solid municipal waste management in the Republic of Moldova*. Osteuropaverein.

RVF. 2002. *Emissioner över deponier*. RVF.

RVF. 2003. *Förbränning av avfall – Utsläpp av växthusgaser jämfört med annan avfallsbehandling och energiproduktion*. RVF.

RVF. 2005. *Avfall blir värme och el – En rapport om avfallsförbränning*. RVF.

Sjöström, Emma. 2003. *Rökgasrening så funkar det*. *Bioenergi* 4: 1. Novator.

Statens Geotekniska Institut. 2016. *Frågor och svar om deponikonstruktioner*.
<http://www.swedgeo.se/sv/vagledning-i-arbetet/deponi/fragor-svar/test sida/> (Hämtad: 2017-10-09)

Thomé-Kozmiensky, Karl J. och Thiel, Stephanie. 2014. *Waste Management*. The European Suppliers of Waste-to-Energy Technology.

ÅF Energi & Miljöfakta. *Energifakta*. Förbränning och reningsteknik: 167–178. ÅF Energi & Miljöfakta.

SLU
Institutionen för energi och teknik
Box 7032
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 10 00
pdf.fil: www.slu.se/energiogteknik

SLU
Department of Energy and Technology
P. O. Box 7032
SE-750 07 UPPSALA
SWEDEN
Phone +46 18 671000