HTX Frederikshavn

Studieretningscase

Matematik og Fysik

P6 - Studieretningscase



Figur 1: (promes, u.d.)

|  |  |
| --- | --- |
| Af | Vejledere |
| Christian Kaae Larsen, | Kasper Weirum, |
| 2. B | Kristian Holm |

19. februar 2021

Problemstilling

Termodynamiske maskiner som f.eks. benzin-eller dieselmotorer indgår som en naturlig og nødvendig del af hverdagen i det moderne samfund. Den teknologiske udvikling har eﬀektiviseret motorerne, men samtidig er der opstået nye udfordringer i forhold til res-sourcer, miljø og klima. På den ene sidehar vi svært ved at undvære motorerne på den anden side er det nødvendigt med yderligere ændringer og tilpasninger. Afhængigt af motortypen kan de fossile brændstoﬀer erstattes af alternativer, baseret på vedvarende energikilder. Derudover spekuleres der i anvendelse af alternative motortyper.

Anslag

1

Resumé

Opgaven undersøger ved hjælp af den naturvidenskabelige metode om en Eu-roDish kan være et realistisk bud på et grønnere alternativ til nuværende kraft-varmemaskiner, som anvender fossile brændsler. Der redegøres for de forskellige termodynamiske processor samt kredsprocessor og funktionaliteten og delene af en EuroDish. I undersøgelsen og analysen opstilles og udledes en matematisk model på baggrund af redegørelsen med afsæt i den matematiske metode, moddeleringskom-petencen. Gennem analysens beregninger med afsæt i indsamlet empirisk materialer, bestemmes den teoretiske nyttevirkning for den opstillede model til 58 %. Den teore-tiske nyttevirkning sammenlignes med nyttevirkningen af et mono-krystallinsk sol-panel, hvor modellens nyttevirkning er omtrent dobbelt så eﬀektiv, idet solpanelets nyttevirkning er 22-27 %. Gennem diskussionen tydeliggøres det, at den opstillede matemtiske model ikke er realistisk eller repræsentativ, da den reelle nyttevirkning for en EuroDish er langt lavere og ligger på 22 %. Ligeledes udelades flere vigtige faktorer, såsom klima, anvendelse af strøm og den totale afgivelse af varme til omgi-velserne. Gennem de tre taksonomiske niveauer har opgaven nået konklusionen, at modellen ikke kan anvendes som et realistisk bud på et grønnere alternativ, da den afviger for meget fra den reelle EuroDish, dog fungerer den reelle EuroDish som en god grøn energiproduktion, da den primært kører på den vedvarende solenergi.

2

Indhold

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Indledning | |  | 5 |
| 2 | Problemformulering | | | 6 |
| 3 | Termodynamiske processor og kredsprocessor | | | 6 |
|  | 3.1 | Termodynamiske processor . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 6 |
|  |  | 3.1.1 | Isokor process . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7 |
|  |  | 3.1.2 | Isobar proces . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 7 |
|  |  | 3.1.3 | Isoterm proces . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 8 |
|  |  | 3.1.4 | Adiabatisk proces . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 9 |
|  | 3.2 | Kredsprocesser . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 10 |
|  |  | 3.2.1 | Arbejde i kredsprocessor . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 10 |
|  | 3.3 | EuroDish . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 11 |
| 4 | Analyse af EuroDishs eﬀektivitet | | | 12 |
|  | 4.1 | Analyse af en idealiseret Stirlingmotor . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 12 |
|  |  | 4.1.1 | Arbejde udført af en idealiseret Stirlingmotor . . . . . . . . . . . | 13 |
|  |  | 4.1.2 | Tilførsel af varme til systemet . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | 14 |
|  |  | 4.1.3 | Nyttevirkning af en idealiseret Stirling motor . . . . . . . . . . . | 14 |
|  | 4.2 | Beregning på modellen . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 15 |
|  | 4.3 | Sammenligning med solpanel . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . | | 16 |

3

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 5 | Er modellen et realistisk grønnere alternativ? | 17 |
| 6 | Konklusion | 19 |
| 7 | Referencer | 19 |
| 8 | Bilag | 21 |

4

* Indledning

Gennem tidens løb har mennesket adapteret sig til og anvendt sine omgivelser til deres fordel ved at udarbejde redskaber, som gjorde dagligdagens opgaver nemmere. Denne tilpasning har fundet sted og finder stadig sted den dag i dag. Før i tiden har udviklin-gen været motiveret ved at skabe hurtigere og mere eﬀektive redskaber og maskineri, som kunne erstatte manuelt arbejde. Denne forskydning, hvor mennesker hele tiden har fundet nyere, smartere og mere eﬀektive måder at udføre jobs på, har medført at flere mennesker kan arbejde i det tertiære erhverv. Ultimativt vil denne udvikling nok resultere i en næsten komplet overtagelse af arbejde. I takt med at jordens befolkningsmængde stiger ekspo-nentielt, kræves der flere og flere ressourcer, både i form af energi, varme og fødevarer, mere specifikt så har verdensenergiforbruget mere end tredoblet siden 1970 (DrivKraft-Danmark, 2019). Produktionen af el i USA kommer primært fra fossile brændsler, som er en andel på 81 procent, hvoraf 61.8 procent kommer fra naturgas og kul (American Farm Bureau, u.d.). For at kunne følge med på denne trend, med en voksende befolkningsmæng-de og et voksende energiforbrug, så vurderer forskere, at de naturlige ressourcer, som kul og olie, vil blive opbrugt indenfor ca. 53 år (Dilallo, u.d.). Derfor er det nødvendigt at ændre på hvilke ressourcer, der anvendes til energiproduktion, for ellers løber verden tør. Der er generel konsensus på dette, og der bliver indgået aftaler om nedskæring af anven-delse af fossile brændsler og CO2 udledning. Et eksempel på dette er Parisaftalen, som er en international aftale inden for FN’s klimakonvention UNFCCC (Wikipedia, u.d.). I Danmark er der også en grøn omstillingsplan, som har til mål at reducere den danske udledning af drivhusgasser med 70 procent i 2030 (Gate21, u.d.). Danmark er i forvejen et meget grønt land. Hvis man kigger på det nuværende danske elforbrug, så stammer 49 procent fra sol- og vindkraft, hvis energi produceret med biomasse inkluderes, så stammer hele 72 procent af Danmarks elforbrug fra CO2-frie energikilder (Ritzau, 2019).

Dette projekt arbejder med, hvordan man kan forebygge det altoverskyggende problem; global opvarmning, som med sig bringer mange konsekvenser. Blandt andet vil de naturli-ge ressourcer være opbrugt indenfor 53 år, grundet det nuværende forbyg på verdensplan, som netop består af disse ressourcer. I og med jordens ressourcer er ved at være opbrugt, så er det nødvendigt for menneskeheden at omlægge energiproduktionen til primært at bestå, hvis ikke udelukkende, af vedvarende energikilder, som solenergi, vindenergi og

5

bølgeenergi m.m. I denne opgave tages der afsæt i maskinen, Dish-Stirling, som er en maskine, der omdanner solens energi til el med en Stirling motor, der er koblet til en generator. (Se figur 6 for et grafisk overblik over projektets afgrænsning)

* Problemformulering

Det er et problem, at verdens naturlige ressourcer er ved at være opbrugt i forhold til den nuværende produktion af el og varme.

* Hvordan fungerer en EuroDish og hvilke termodynamiske processor anvendes?
* Hvordan kan man opstille en matematisk model?
* Hvordan forholder nyttevirkningen sig i praksis og ved opstillede teoretiske modeller?
* Hvor eﬀektiv er en EuroDish i forhold til eksempelvis en solcelle?
* Hvilke begrænsninger er der ved EuroDish generatoren i forhold til klima og eventuelle andre faktorer, samt om den er et realistisk bud på et grønnere alternativ?
* Termodynamiske processor og kredsprocessor

3.1 Termodynamiske processor

Idealgasligningen er en ligning, som kan anvendes til at beskrive sammenhængen mellem tryk, volumen, stofmængde og temperatur for en ideal gas og derved dens tilstand. Den kan afbildes rent matematisk som

|  |  |
| --- | --- |
| p V = n R T | (1) |

hvor p er gassens tryk, V er gassenes volumen, n er stofmængden, R er gaskonstanten og har værdien 8:314 J=(mol K) og T er temperaturen angivet i Kelvin. Mere specifikt gør ligningen sig gældende for ideale gasser, hvilket betyder, at der antages at gasmolekylerne kolliderer total elastisk imellem hinanden, altså at der ikke går nogen energi tabt ved

6

sammenstød af molekyler. Hvis man begynder at ændre på to af de resterende faktorer ved en indespæret gas, som har en konstant stofmængde, så vil den tredje variable indstille sig, så den overholder idealgasligningen. Denne indstilling fra et stadie til et andet kaldes for en proces. Generelt for alle processorer gælder det, at temperaturen direkte korrelerer til ændringen af en given gas’ indre energi, som er et begreb for molekylernes kinetisk energi og indbyrdes kræfter i gassen. Dette kan illustreres ved

|  |  |
| --- | --- |
| Ei = n cmV T | (2) |

hvor Ei er den indre energi i gassen, n er stofmængdekoncentrationen i mol, cmV er den specifikke molære varmekapacitet ved et konstant volumen. (Holck og Kraaer, 2009)

3.1.1 Isokor process

Hvis en gas indespæret med konstant volume oplever en varmetilførsel, så vil gassens tryk variere alt efter, om der er en positiv eller negativ varmetilførsel. En sådan process, hvor volumenet holdes konstant kaldes en isokor proces. Arbejdet som en gas under en isokor proces udfører kan beregnes ved som følgende

|  |  |
| --- | --- |
| A = p V: | (3) |

Idet volumenet i en isokor proces er konstant, så er volumeændringen V lig nul, og derved vil arbejdet også være lig nul, da gassen ikke kan ’skubbe’ på omgivelserne ved at udvide sig ligeledes er omgivelsernes arbejde på gassen lig nul.

|  |  |
| --- | --- |
| A = 0 | (4) |

Formlen for at beregne den nødvendige mægnde varme, Q, som skal tilføres til gassen under en isokor proces, kan findes ved den tidligere nævnte formel (2)

|  |  |
| --- | --- |
| Q = n nmV T | (5) |

(Holck og Kraaer, 2009)

3.1.2 Isobar proces

Forskellen fra en isokor til en isobar process er, at trykket holdes konstant fremfor vo-lumenet som i det forrige. Ved denne proces kan det udførte arbejde på gassen, altså

7

omgivelsernes arbejde, findes ved

|  |  |
| --- | --- |
| A = p V | (6) |

som er den samme som ligning (3) bortset fra at der er introduceret et negativt fortegn. Dette er gjort fordi det er arbejdet fra omgivelserne på gassen, der betragtes. Arbej-det vil kun være positivt, når gassen komprimeres, idet det vil resultere i en negativ volumeændring.

Den tilførte varme, Q, som skal tilføres gassen for at resultere i temperaturændrigen T kan findes ved

|  |  |
| --- | --- |
| Q = n (cmV + R) T | (7) |

hvor man indfører en special varmekapacitet, som kaldes den specifikke molære varmeka-pacitet ved konstant tryk der denoteres som cmp. Denne varmekapacitet anvendes ved en isobar proces og er defineret som

|  |  |
| --- | --- |
| cmp = cmV + R | (8) |

Så beregnes den tilførte varme, Q, nu ved

|  |  |
| --- | --- |
| Q = n cmp T | (9) |

(Holck og Kraaer, 2009)

3.1.3 Isoterm proces

En isoterm proces er en proces, hvor temperaturen holdes konstant. Derfor må gassens indre energi også være konstant, da den direkte indikerer temperaturen på gassen, ligesom i formel (2). Hvis der tilføres eller fjernes varme under en isoterm proces, så må der på tilsvarende vis udføres et arbejde for at komme af med den overskydne varme og holde temperaturen konstant, og hvis der fjernes varme, så må der tilføres et arbejde på gassen for at holde temperaturen konstant. Ved en isoterm proces kan det arbejde, som omgivelserne skal udføre på gassen beregnes ved

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| A = n R T ln | Vstart | | | (10) |
|  |  | Vslut |  |  |

8

Det arbejde, som udføres på en gas under en isoterm proces, skal udlignes af den tilførte varme Q for at temperaturen kan forblive konstant, deraf har vi

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Q = n R T ln | Vstart | | | (11) |
|  |  | Vslut |  |  |

Den eneste forskel på ligning (10) og (11) er fortegnet, hvilket bevidner, at de to er modsatte.

Endvidere, hvis en isoterm proces plottes i et pV -diagram, så vil den afbilde en hyperbel. Netop da, hvis man isolerer p og V i idealgasligningen (1), så følger det

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| p = n R T | 1 | (12) |
| V |

Netop da den plottes i et pV -diagram, hvor førsteaksen er volumenet, V , så vil trykket p aftage asympotisk som volumenet stiger.

3.1.4 Adiabatisk proces

En adiabatisk proces er en proces, hvorved der ikke udveksles varme med omgivelserne. Denne proces finder eksempelvis sted i en dieselmotor, hvor dens stempel, som kompri-merer en blanding af dieselolie og luft så hurtigt og kraftigt, at gassen ikke har tid til at afgive varme til hverken cylindreret eller stemplet. Så alt arbejdet går til at få tempe-raturen på gassen til at stige. Altså sker der en stigning i indre energi, hvilket betyder at

|  |  |
| --- | --- |
| Q = 0 | (13) |

Med andre ord, så forekommer der ingen varmetilførsel, hverken til eller fra gassen. Netop da alt det udførte arbejde bliver omdannet til indre energi i gassen. Heraf kan følgende opstilles med formel (2)

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | A = n cmV T | (14) |
| Følgende gælder for en adiabatisk proces | |  |
| p V = k; | det betyder at p1 V1 = p2 V2 | (15) |
| og |  |  |
| T V 1 = k; | det betyder at p1 V1 1 = T2 V2 1 | (16) |

9

hvor k er en konstant og kaldes for adiabatkonstanen eller varmefyldeforholdet, der er defineret som

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| = | cmp | (17) |
| cmV |
|  |  |

(Holck og Kraaer, 2009)

3.2 Kredsprocesser

Alle ovenstående termodynamiske processor kan kombineres til at danne en såkaldt kreds-proces. En kredsproces består af op til flere forskellige termodynamiske processorer i en vilkårlig rækkefølge, som en gas i et lukket system ville opleve. Det definerende ved en kredsproces er at det fungere som en kreds, altså at efter alle påvirkninger fra de forskel-lige termodynamiske processor, så vender gassen tilbage i dens starttilstand med samme tryk, temperatur og volume. Udledningsvist, betyder dette, at ændringen i gassens in-dre energi er nul, da den starter og slutter samme sted. Derfor gælder følgende for en kredsproces

|  |  |
| --- | --- |
| Ei = 0 | (18) |

3.2.1 Arbejde i kredsprocessor

For at få et overblik over en kredsproces, så kan det være fordelagtigt at integne dem i et pV -diagram, hvor førsteaksten er volume, V og andenaksen er trykket, p, dette er gjort på figur 2

Figur 2: simpel kredsproces indtegnet i et pV -diagram. Kilde: [https://orbithtxa.](https://orbithtxa.systime.dk/?id=281) [systime.dk/?id=281](https://orbithtxa.systime.dk/?id=281)

I kredsprocessen i figur 2 ses det, at pilen indikerer, at omløbsretningen er med uret, derfor

10

udføres der først en isokor opvarmning, så en isobar ekspansion, så en isokor afkøling og endelig en isobar kompression, så den er tilbage til starttilstanden. I kredsprocesson udfø-res der et arbejde ved to isobare processor. Først ved den isobare ekspansion, hvor gassen udvider sig og derved udfører et arbejde på omgivelserne, derefter udfører omgivelserne et arbejde på gassen idet den komprimeres ved den isobare kompression. Bemærk, at de to stykker arbejde der udføres, ikke er lige store, idet den isobare ekspansion finder sted ved et meget højere tryk end den isobare kompression. Nettoarbejdet for enhver kredsproces er lig det areal, som determodynamiske processor afgrænser i pV -diagrammet.

Hvis kredsprocessens gas’ omløbsretning forløber med uret i pV -diagrammet, så udfører gassen et positivt arbejde på omgivelserne, ligesom i eksemplet, hvor gassens arbejde er større end omgivelsernes arbejde på gassen, derfor vil nettoarbejdet være positivt. Dermed så modtager gassen varme og udførerer et mekanisk arbejde - en sådan maskine benævnes som en kraftvarmemaskine. Hvorimod hvis gassen forløber mod uret, så udfører omgivelserne et positivt arbejde på gassen. Udfra termodynamikkens første hovedsætning samt at i en kredsproces gælder Ei = 0, kan følgende opstilles

|  |  |
| --- | --- |
| Agas = Qtilført Qafgivet | (19) |

hvor Agas er gassens nettoarbejde på omgivelserne, Qtilført er den varme, som omgivelserne tilfører gassen i kredsprocessens forløb og Qafgivet er den varme, der afgives til omgivelserne fra gassen. (Holck og Kraaer, 2009) (Systime)

3.3 EuroDish

EuroDish er en maskine, som udvikles i projektet EnviroDish. Maskinen består af en pa-rabolsk formet koncentrator, som koncentrerer solens lys i et brændpunkt. I brændpunket er monteret en Stirling motor, som er koblet til en el-generator, der omdanner Stirling motorens mekaniske arbejde til el, der kan sendes ud til elnettet eller anvendes lokalt. For at udnytte solens energi bedst muligt, så er selve monteringsanordningen konfigureret sådan, at den ved instruktioner fra en sensor kan følge solens bane på himlem og derved altid være optimalt placeret i forhold til solen. Se figur 3 for et billede af en monteret EuroDish. (promes, u.d.)

11



Figur 3: Billede af en monteret EuroDish kilde: (promes, u.d.)

* Analyse af EuroDishs eﬀektivitet

For at kunne regne på, hvor eﬀektiv en EuroDish er, så er det nødvendigt at opstille en matematisk model, som der kan regnes på. En sådan model tager afsæt i selve den del på EuroDishen, som omdanner solens energi til mekanisk energi, altså Stirlingmotoren.

4.1 Analyse af en idealiseret Stirlingmotor

En idealiseret stirling motor er en model, som kan opstilles til en Stirling motor, hvor de termodynamiske processorer sammensættes til en kredsproces. Da de termodynamiske processorer er udledt af idealgaslignigen, så giver det god mening, at en model opstillet med disse også vil være ideal. Den idealeliserede Stirling motor vil derfor ikke matche en realistisk Stirling Motor. Den idealiserede stirling motors pV -diagram kan ses på figur 4

Hvor proces:

1 ! 2: er en isoterm ekspansion

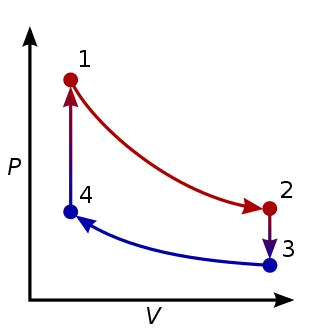
2 ! 3: er en iskor afkøling

3 ! 4: er en isoterm kompression

4 ! 1: er en isokor opvarmning

(Holck og Kraaer, 2009)

12



Figur 4: En idealiseret Stirling motos kredsproces indtegnet i et pV -diagram. Kilde:

(Wikipedia, u.d.)

4.1.1 Arbejde udført af en idealiseret Stirlingmotor

Nettoarbejdet for en idealiseret Stirling motor kan beregnes ved at finde arealet, der afgrænses af de termodynamiske processor i pV -diagrammet. Der udføreres kun et arbejde ved proces 1 ! 2, altså den isoterme ekspansion og ved den proces 3 ! 4, den isoterme kompression. Arbejdet for en isoterm proces kan opfattes som araelet under den afbillede graf i diagrammet. Derfor må nettoarbejdet være lig med forskellen på den øverste process og den nederste process, som rent matematisk kan udregnes som

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| V |  |  | Z | V |  |  |  |
| Anetto = ZV1 | 2 | p dV | V3 | 4 | p dV | (20) |

Selve arbejdet, som en isoterm udfører undervejs, kan findes ved at betrage ligning (20), idealgasligningen, og huske at for en isoterm proces er temperaturen T konstant, samt stofmængden n, da det er en kredsproces. Ud fra dette kan et udtryk for det udførte arbejde skrives som

* VB

VA

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| p dV = | ZVA | V | dV = nRT | | ZVA | V | | dV |
|  | VB nRT | | |  | VB | 1 | | |
|  |  |  | VB |  |  |  |  |  |
|  |  |  | = nRT (ln VB | | | | ln VA) |
| = nRT [ln V ]VA | | | |

* nRT ln VB VA

(21a)

(21b)

(21c)

hvor VB og VA er henholdsvis slut- og startvolumenet. Fra trin b til c i ligning (21c) anvendes, at

A

ln(A) ln(B) = ln B :

13

Dette er den samme ligning, som blev introduceret i redegørelse, navnligt ligning (10), den eneste forskel er fortegnet. I redegørelsen var det arbejdet, som omgivelserne skulle udføre på gassen, hvorimod det her er gassens arbejde. Ved at substituere ligning (21c) i ligning (20), så kan integralet for nettoarbejdet evalueres på følgende vis

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Anetto = nRTH ln | V2 |  | nRTL ln | V3 | |  | (22) |
|  |  |  |
| V1 | V4 | |

hvor subskriftene H og L denoterer henholdsvis den høje og lave temperatur i den isoterme proces. Ved at obsevere pV -diagrammet på figur 4, så kan det ses at V4 = V1 samt at V3 = V2, netop da to lodrette processor, er isokore processor, hvor volumenet holdes konstant. Herved kan ligningen omskrives til

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Anetto = nRTH ln | V1 | |  | nRTL ln | V1 | |  |
|  |  | V2 |  |  | V2 | |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

Ved at faktorisere kan udtrykket skrives som

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Anetto = nR ln | V1 | |  | (TH TL) |
|  |  | V2 |  |  |

(23)

(24)

Så arbejdet, som udføres på omgivelserne af en idealiseret Stirling motor kan beregnes ved anvendelse af ligning (24). (Haywood) (Holck og Kraaer, 2009)

4.1.2 Tilførsel af varme til systemet

Når den ideliserede cyklus når proces 1 ! 2, så sker der en ekspansion, altså volumenet på gassen bliver større. Derfor skal der tilføres en hvis mængde energi til gassen for at holde temperaturen i gassen konstant. Den mængde, Q, som skal tilføres til gassen i kredsprocessen kan udledes ud fra ligning

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Qtilført = nRTH ln | V2 |  | (25) |
| V1 |

(Holck og Kraaer, 2009)

4.1.3 Nyttevirkning af en idealiseret Stirling motor

For en kraftvarmemaskine, som Stirling maskinen, er dens nyttevirkning defineret som forholdet mellem maskinens arbejde og den tilførte energi. Nyttevirkningen kan beregnes

14

ved

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| = | Amaskine | (26) |
| Qtilført |
|  |  |

hvor Amaskine er maskinens arbejde og Qtilført e varmen, der tilføres maskinen undervejs. For en idealiseret Stirling motor, så kan nyttevirkningen udregnes ved at indsææte ligning (24) og (25) i ligning (26), som resulterer i

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | nR ln | | V2 | | (TH | | | |  | TL) | |
|  |  |  | V1 |  |  |
| = | | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | (27) |
| nRTH ln | | | | | V1 | | |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  | V2 | |  |  |  |
| Her kan det let ses, at nR ln | V2 | i tæller og nævner vil udligne hinanden og så kan | | | | | | | | | | | |
| V1 |
| nyttevirkningen nu beregnes med | |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | = | TH | | |  | TL | | |  | (28) | |
|  |  |  |  | | | TH |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Heraf kan det ses, at nyttevirkningen af en idealiseret stirling motor udelukkende afhænger af den højeste og laveste temperatur. Ved at omskrive ligning (28) som følgende

=TH TL TH

* + TH TL TH TH

TL

= 1

TH

(29a)

(29b)

(29c)

så kan det obseveres, at nyttevirkningen for en idealiseret stirling motor aldrig kan over-stige 1. (Holck og Kraaer, 2009)(Haywood)

4.2 Beregning på modellen

Som det fremstod i det forrige, så kan nyttevirkningen for en idealiseret Stirling motor beregnes, hvis man kender den maksimale og minimale temperatur for gassen i kreds-processen. I EuroDishen anvendes Stirling motoren, SOLO Stirling 161, der produceres af SOLO Kleinmotoren (Schiel og Laing, 2015) . I databladet for den anvendte Stirling motor fremgår det, at den maksimale driftstemperatur er 650 C, dog så fremgår den minimale temperatur ikke i databladet (SOLO Stirling) . Derfor tages der i det følgende afsæt i en anden Stirling motor, som har en maksimal temperatur på 1054 K og en mini-mum på 308 K (Granados, 2014) . Ud fra disse data, så kan den teoretiske og idealiserede

15

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| nyttevirkning for denne Stirling motor beregnes med ligning (28), som resulterer i | | | |  |
| Stirling = | 1054 K 308 K |  | = 0:708 = 70:8 % | (30) |
| 1054 K | |
|  |  |  |

Det vil altså sige, at for al energi som tilføres til den idealiserede Stirling maskine, så vil en andel på 70:8 % blive omdannet til mekanisk energi. For at udvide modellen til hele EuroDishen og ikke kun Stirling motoren, så kan der tilføres noget data, der gør modellen mere virkelighedsnær. For at en EuroDish kan generere el, så er der koblet en elgenereator på Stirling motoren, som omdanner det mekaniske energi til elektricitet. I det tidligere nævnte datablad, så fremgår virkningsgraden for den anvendte elgenerator, og er opgivet til at være gen = 94 %. Heraf kan den nyttevirkning fra tilført varmeenergi til elektrisk energi, genereret af generatoren, findes ved produktet af disse nyttevirkninger

|  |  |
| --- | --- |
| q!el = stirling gen = 0:708 0:94 = 0:665 = 66:5 % | (31) |

Så for den energi, som tilføres til Stirling generatoren via sollys, vil en andel af 67 % blive omdannet til elektrisk energi, der kan sendes ud til elnettet. Ligeledes kan der introduceres en faktor r om refleksiviteten af spejlene, som reflektere solen lys til Stirling Motoren i brændpunktet. Det er ikke alt lyset, som reflekteres af spejlene, hvilket ses ved at tilgå det tidligere nævnte datablad. Så kan det ses, at spejlene reflekterer 97 % af det indgående sollys (Schiel og Laing, 2015) . Det reflekterede sollys modtages af en såkaldt ’reciever’, som sidder på Stirling motoren og overfører varmen dertil. Ved denne introduceres også et tab af energi, nemlig da den har en nyttevirkning, reciever = 90 %. Så kan refleksivitens fakor, r og nyttevirkningen af recieveren ganges på ligning (31). Heraf fås en mere præcis model af EuroDishens nyttevirknig.

|  |  |
| --- | --- |
| eurodish = q!el r reciever = 0:665 0:97 0:90 = 0:58 = 58 % | (32) |

Så af al ingående solenergi, så vil, efter denne model, 58 % af energien blive omdannet til elektricitet.

4.3 Sammenligning med solpanel

De største indenfor anvendelsen af solenergi er solcellerne. Mono-krystallinske solceller har en nyttevirkning på 22-27 % (Vourvoulias, 2021). Den opstillede model for EuroDishen

16

fremsætter, at den har en nyttevirkning på 58 % og dermed omdanner den lidt over dobbelt så meget, som solcellerne eller rettere sagt solpanelerne og dermed en EuroDish modellen præsenteret i dette projekt mere eﬀektiv end solpanelerne.

* Er modellen et realistisk grønnere alternativ?

Da verdensbefolkningen er i markant vækst, kræves der flere ressourcer, end vi anvender nu. Dette kan blive problematisk, da eksempelvis 81 procent af USA’s elproduktion, som tidligere nævnt, bygger på fossile brændsler. Dermed vurderer forskere, at de naturlige ressourcer er opbrugt om 53 år. Derfor afhænger verdens eksistens og udvikling af, at det traditionelle ressourceforbrug særligt til produktion nytænkes og omlægges til grøn energi baseret på vedvarende energikilder som b.la. sol- og vindenergi.

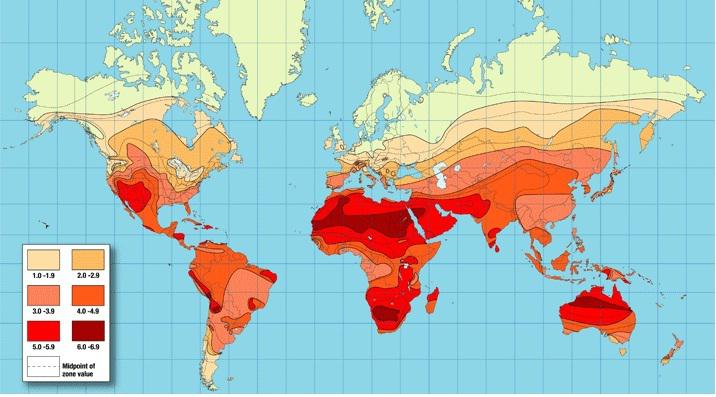
Ud fra et miljømæssigt og vedvarende perspektiv virker EuroDishen teoretisk som et godt bud på et grønnere alternativ, da den opererer på solenergi, som opvarmer Stirling motoren, og dermed omdanner solens energi til anvendelig el. Ligeledes viser beregning (32), at Stirling motorens nyttevirkning, udregnet i den teoretisk opstillede model, er 58 %. Dermed har den idealiserede Stirling motor teoretisk en bedre nyttevirkning og omdannelsesevne end en Mono-krystallinsk solcelle, hvis nyttevirkning er på 22-27 %.

Selvom Stirling motoren på papiret virker som et oplagt, grønt og godt alternativ, er den opstillede model og den idealiserede Stirling motor langt fra realistisk, da en EureDish har en overordnet nyttevirkning på 22 %, hvilket er omkring halvdelen af den opstillede model (Schiel, W., og Laing). En af grundende til, at den opstillede model afviger så meget fra det reelle system, er fordi der er blevet opstillet en teoretisk og idealiseret model i form af en kredsproces, der består af termodynamiske processor, som alle tager afsæt i idealgas-ligningen. Ligeledes tages der ikke højde for gassens afgivelse af varme til omgivelserne, eller rettere sagt til materialet, som indespærrer gassen. En anden faktor, som modellen ikke tager højde for i dens opstilling af nyttevirkningen for solenergi til el, er den strøm og energi, som systemet i sig selv bruger. Selve Eurodishen kan rotere omkring sig selv, netop for at kunne udnytte solens indstråling optimalt. For at den kan opnå dette, så sidder der en sensor og en styrecomputer, som behandler sensordataen og udregner, hvor den

17

skal dreje hen. Ligeledes anvendes der også strøm og energi til at afkøle gassen i Stirling motoren. Dette er især vigtigt, da det er temperaturforskellen mellem de to køleflader, som er med til at bestemme nyttevirkningen for maskinen. Da den opstillede model ikke er repræsentativ for virkeligheden, så giver den ovenstående sammenligning mellem mo-dellen og et solpanel heller ikke et realistisk resultat. Her viser det sig nu, at solcellen er mere nyttig end EuroDishen samt, at solpanelet ikke skal tilføres noget energi i drift, ligesom EuroDishen skal.

For at kunne have opstillet en mere realistisk model, så skulle der have været mere da-ta inden over, hvorved der kunne tages højde for flere forskellige faktorer. Andre faktorer, som kan have en indflydelse på nyttevirkningen af en EuroDish kunne være geografisk placering. Altså i forhold til klima og deraf mængden af soltimer og indfaldsvinklen af solen. Som det fremgår på figur 5, så er Danmark og generelt Norden et uoptimalt sted for udnyttelsen af en EuroDish og generelt for udnyttelsen af solenergi. I stedet kunne Stirling motoren måske være et godt og reelt alternativ, hvis den udnyttes og anvendes i de røde lande og kontinenter fra figur 5, som Afrika, Sydamerika, Australien osv. Konti-nenternes solrige klima vil biddrage til bedre forudsætninger for Stirling motoren, da den bygger på solenergi.



Figur 5: Verdenskort med anførte soltimer. Kilde: [https://rameznaam.com/](https://rameznaam.com/wp-content/uploads/2013/11/World-Insolation-Map.gif) [wp-content/uploads/2013/11/World-Insolation-Map.gif](https://rameznaam.com/wp-content/uploads/2013/11/World-Insolation-Map.gif)

Anskues EuroDishen ud fra den teoretisk opstillede model, som fremstiller en idealiseret Stirling motor, så fremstår den som et godt alternativ til anvendelsen af det traditionelle ressourceforbrug, da nyttevirkningen er 58 %. Anskues EuroDishen i stedet ud fra et rea-

18

listisk synspunkt, er den opstillede model ikke et realistisk bud på et grønnere alternativ, da den reelle nyttevirkning er 22 % mens der ligeledes ikke er taget højde for, at motoren også anvender strøm i omdannelsesprocecssen, samt de geografiske faktorer. For at man kan anvende en model som forklaring på virkelige fænomener, skal der være en teoretisk og praktisk overensstemmelse. En overensstemmelse som ikke er tilstede i sammenlignin-gen af resultaterne fra den idealiserede motor og den reelle motor. Dermed kan modellen ikke anvendes som et realistisk bud på et grønnere alternativ, da den afviger for meget fra den reelle EuroDish, dog fungerer den reelle EuroDish som en god grøn energiproduktion, da den primært kører på den vedvarende solenergi.

* Konklusion

På baggrund af de termodynamiske processor samt kredsprocesser, der beskrives i redegø-relsen, opstilles der i analysen ved hjælp af metoden, matematisk modellering, en idealise-rede model af en EuroDish. Beregninger af den opstillede model resulterede i en teoretisk nyttevirkning på 58 %. Sammenlignet med et solpanel bestående af Mono-krystallinske solceller fremstår den idealiserede model som værende ca. dobbelt så eﬀektiv, da nytte-virkningen for solpanelet er 22-27 %. Det diskusseres frem, at analysens resultater ikke er realistiske eller repræsentative, da der ikke tages højde for nogle realistiske faktorer, såsom klima, alle afgivelser af varme til omgivelserne, at der i omdanningsprocessen an-vendes strøm samt at den reelle nyttevirkningen for en EuroDish er 22 %. Dermed kan det konkluderes, at modellen ikke kan anvendes som et realistisk bud på et grønnere alterna-tiv, da den afviger for meget fra den reelle EuroDish, dog fungerer den reelle EuroDish som en god grøn energiproduktion, da den primært kører på den vedvarende solenergi.

* Referencer

American Farm Bureau. (n.d.). Where does energy come from? Retrieved from American

farm bureau foundation for agriculture:

<https://www.agfoundation.org/common-questions/view/Where-does-energy-come-from>

19

Dilallo, M. (n.d.). The world has 53.3 years of oil left. Retrieved from USA TODAY: [https://eu.usatoday.com/story/money/business/2014/06/28/the-world-was-533](https://eu.usatoday.com/story/money/business/2014/06/28/the-world-was-533-years-of-oil-left/11528999/)-years-of-oi [11528999/](https://eu.usatoday.com/story/money/business/2014/06/28/the-world-was-533-years-of-oil-left/11528999/)

DrivKraftDanmark. (2019). Energistatistik 2019. DrivKraftDanmark.

Gate21. (n.d.). Grøn omstilling i 2030. Retrieved from Gate21: [https://www.gate21.](https://www.gate21.dk/groen-omstilling-i-2030/) [dk/groen-omstilling-i-2030/](https://www.gate21.dk/groen-omstilling-i-2030/)

Granados, F. (2014). Thermal model of the EuroDish Solar Stirling Engine.

Haywood, D. (n.d.). AN INTRODUCTION TO STIRLING-CYCLE MACHINES.

Holck, P., og Kraaer, J. (2009). Orbit A. Systime.

promes. (n.d.). EURODISH SYSTEM. Retrieved from promes: [https://www.promes.](https://www.promes.cnrs.fr/index.php?page=eurodish-system" \l "prettyPhoto) [cnrs.fr/index.php?page=eurodish-system#prettyPhoto](https://www.promes.cnrs.fr/index.php?page=eurodish-system" \l "prettyPhoto)

Ritzau. (2019, december 20). Nye rekorder for grøn energi i Danmark. Retrieved from energiwatch: [https://energiwatch.dk/Energinyt/PolitikMarkeder/article11839395.](https://energiwatch.dk/Energinyt/PolitikMarkeder/article11839395.ece) [ece](https://energiwatch.dk/Energinyt/PolitikMarkeder/article11839395.ece)

Schiel, W., og Laing, D. (2015). Survey on Solar-Electric Dish/Stirling Technology.

SOLO Stirling. (n.d.). Fact sheet: SOLO Stirling 161. Retrieved from Buildup:

<https://www.buildup.eu/en/practices/cases/solo-stirling-161-fact-sheet-germany>

Systime. (n.d.). Orbit A HTX. Systime.

Vourvoulias, A. (2021, februar 16). How Eﬃcient Are Solar Panels? Retrieved from Green-match: <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2014/11/how-efficient-are-solar-panels>

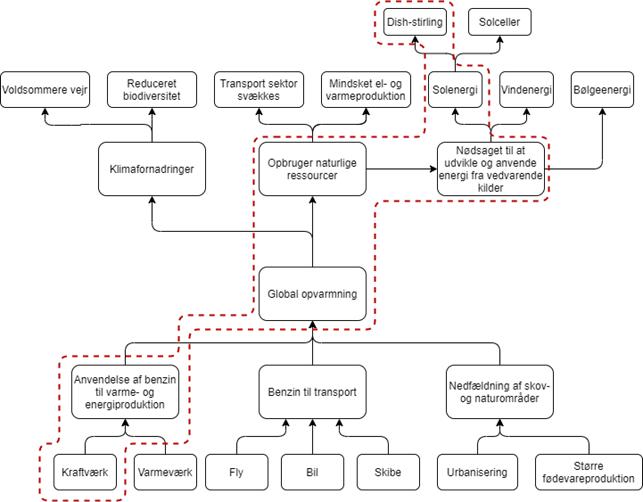
Wikipedia. (n.d.). Parisaftalen (2015). Retrieved from Wikipedia:

<https://da.wikipedia.org/wiki/Parisaftalen(2015)>

Wikipedia. (n.d.). Stirling Engine. Retrieved from Wikipedia: [https://en.wikipedia.](https://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_engine" \l "/media/File:Stirling_Cycle_color.svg) [org/wiki/Stirling\_engine#/media/File:Stirling\_Cycle\_color.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Stirling_engine" \l "/media/File:Stirling_Cycle_color.svg)

20

* Bilag



Figur 6: Afgrænset problemtræ udarbejde ud fra problemstillingen

21