

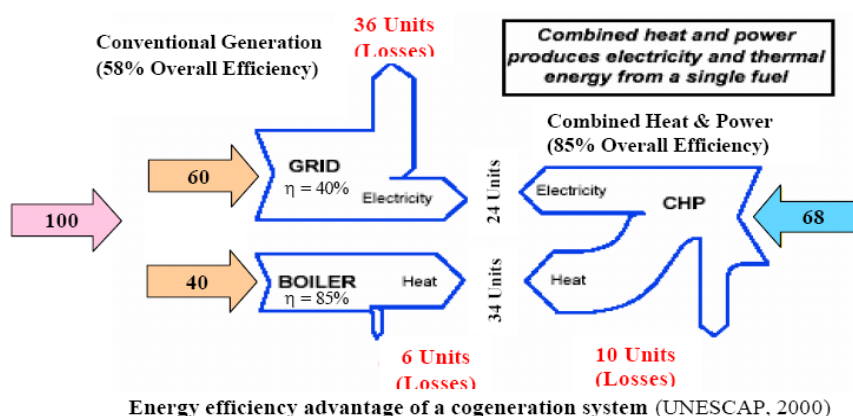
CO₂ emisiju aprēķins koģenerācijas sistēmās un rekomendācijas

1 Motivācija

CO₂ emisiju sadales metodes ir ļoti svarīgs enerģētikas politikas instruments un tās ir izstrādātas, lai sniegtu atbalstu energosistēmu plānošanā, kā arī lēmumu pieņemšanā un politikas izstrādāšana gan valdības, gan reģionālajā, gan rūpniecības līmenī. CO₂ emisiju piešķiršana koģenerācijas energosadalei ir īpaši nepieciešama gadījumos, kad saražoto elektrību un siltumu patērē dažādi patērētāji un ir nepieciešams salīdzināt ar cietiem siltuma piegādes līdzekļiem.

Koģenerācijas sistēmas ražo elektroenerģiju un siltumu, bet siltums var tikt ražots arī ar fosilo kurināmo vai elektroenerģijas, kuras efektivitāte ir vairāk kā 95% un elektroenerģija tiek ražota no fosilā kurināmā / siltuma ar efektivitāti līdz 45%. Rodas sekojošs jautājums:

Cik daudz emisiju mums vajadzētu atvēlēt siltuma un enerģijas ražošanai?



2 SEG emisiju novērtēšana

Pastāv 3 tandarta vienādojumi, kas apraksta CO₂ emisijas katram sadedzinātā kurināmā veidam:

$$\text{SEG emisijas} = \text{kurināmais} * EF_1 \quad (1)$$

SEG emisijas = emitētais CO₂, CH₄ vai N₂O apjoms, kurināmais = sadedzinātā kurināmā masa vai tilpums, EF₁ = CO₂, CH₄ vai N₂O emisiju faktors uz masas vai tilpuma vienību,

$$\text{SEG emisijas} = \text{kurināmais} * HHV * EF_2 \quad (2)$$

HHV = Kurināmā siltuma daudzums (augstākais sadegšanas siltums), enerģijas vienībās uz kurināmā masu vai tilpumu ; EF₂ = CO₂, CH₄ vai N₂O emisiju faktors un vienu enerģijas vienību

$$\text{SEG emisijas} = \text{kurināmais} * CC * 44/12 \quad (3)$$

CC = kurināmā oglekļa saturs oglekļa masas vienībās uz kurināmā masu vai tilpumu, 44/12 = CO₂ un oglekļa molekulas attiecība.

2.1 Primārā enerģija (PE)

Primārā enerģija ir enerģija, kas iegūta no atjaunojamiem un neatjaunojamiem resursiem un kas nav nekādā veidā pārveidota. PE var būt fosila vai atjaunojama, vai abu kombinācija. Tā vartikt pārveidota un piegādāta gala patērētājiem, kā gala enerģija, piem., elektrība vai siltums. PE ieguldījums parasti tiek iekļauts augšupejošās plūsmās un procesos piegādes ķēdē (t.i. kurināmā iegūšana, transportēšana un sagatavošana).

2.2 Primārās Enerģijas Faktors (PEF)

Primārās enerģijas factors savieno primāro un gala enerģiju – parādot, cik daudz PE tiek izmantots vienas elektroenerģijas vienības vai izmantojamās siltumenerģijas vienības saražošanai.

*Primārā enerģija * Sistēmas efektivitāte = gala enerģija*

Primārās enerģijas faktors = Primārā enerģija/ gala enerģija

3 CO₂ sadalīšanas metodes

LowTemp projektā tika izvērtētas šādas (ES populārākās) metodes: **Enerģijas metode, Alternatīvās ģenerēšanas metode, Jaudas bonusa metode, Ekserģijas metode, 200% metode, Pas 2050, Drēsdenes metode**. Literatūras avotos ir arī citas metodes: Darba metode, Somu metode, Visi ietaupījumi tiek novirzīti elektrībai, Visi ietaupījumi tiek novirzīti siltumam, 50%-50% ietaupījumu sadale starp elektrību un siltumu, Primārās enerģijas saturs siltumā un elektrībā.

3.1 Enerģijas metode

Enerģijas Metode – kurināmā patēriņš vai CO₂ emisijas tiek sadalītas saražotajai siltumenerģijai un elektroenerģijai, pamatojoties uz enerģijas saturu saražotajā produkcijā. Šīs metodes priekšrocība ir tā, ka tā ir ļoti vienkārša un caurredzama. Trūkums ir tas, ka produktu enerģijas saturs nenodala enerģijas produktus, t.i. neņem vērā to īpašības (elektrību ir vieglāk pārvērst siltumā nekā pretēji). **CO₂ sadales koeficients siltuma ražošanai:**

$$f_a = Q / (Q + E)$$

3.2 Alternatīvā ģenerēšanas metode

Alternatīvo Ģenerēšanas Metodi zināmu arī kā Efektivitātes metodi vai leguvumu Dalīšanas metodi (BSM) ir izstrādājusi Somijas Siltumapgādes Asociācija. Metode piešķir CO₂ emisijas un resursus siltuma un elektroenerģijas ražošanai proporcionāli kurināmajam, kas ir nepieciešams tāda paša siltuma vai enerģijas daudzuma saražošanai atsevišķās iekārtās. Alternatīva ražošana divās atsevišķās ražotnēs būs atkarīga no to attiecīgās efektivitātes η_{heat} un η_{elec} .

$$f_a = (Q/\eta_{\text{alt_heat}}) / (Q/\eta_{\text{alt_heat}} + E/\eta_{\text{alt_elec}})$$

3.3 Jaudas bonusa metode

Jaudas Bonusa Metode bieži vien tiek izmantota CO₂ emisiju sadalīšanai starp siltumenerģijas un elektroenerģijas ražošanu Eiropas Savienībā. Šajā metodē galvenais produkts ir siltums, kamēr šajā procesā saražotā jauta tiek uzskatīta par bonusu. Primārā enerģija vispirms tiek iedalīta koģenerācijas

stacijā elektroenerģijas ražošanai, kas savukārt vēlāk tiek atdalīta no primāras enerģijas.

$$f_Q = (E_{P,in} - W_{CHP} f_{P,elt}) / (Q_{del} + E_{del})$$

3.4 Ekserģijas metode

Ekserģijas Metode (fiziski pareizā metode) – kurināmā patēriņš vai CO₂ emisijas tiek iedalīti saražotajam siltumam un elektroenerģijai, pamatojoties uz produkta ekserģijas saturu. Produkta ekserģijas saturs ir mērs maksimālajam lietderīgajam darbam, kuru produkts var veikt. Attiecība starp enerģijas un ekserģijas saturu tiek dēvēta par kvalitātes faktoru.

No termodinamikas viedokļa, koģenerācijā saražotā elektroenerģija tiek novērtēta ar ekserģijas faktoru 1, līdz ar to elektroenerģijas ekserģija tiek definēta kā $Ex_E = E$. Tas nozīmē, ka 100% elektroenerģijas var pārvērst jebkura veida enerģijā. Siltums var tikt pārvērsts jaudā vai jebkurā cīte enerģijas veidā, tādējādi var aprēķināt siltumenerģiju

$$Ex_Q = (1 - T_0/T) Q$$

kur T_0 – ir vidējā apkārtējās vides temperatūra apkures periodā un T – ir DH termodinamiskā vidējā temperatūra $T = (T_s - T_r) / \ln(T_s/T_r)$

$$f_Q = Ex_Q / (Ex_Q + Ex_E)$$

3.5 200% metode

Pieņem 200% siltuma ražošanas efektivitāti. Tas nozīmē, ka lai saražotu vienu vienību siltuma, ir jāizmanto 0.5 vienības ar kurināmo un otras 0.5 vienības tiks atgūtas no turbīnas kondensatora. Tas nozīmē, ka puse no emisijām, kas saistītas ar siltuma ražošanu, var tikt saistītas ar elektroenerģijas ražošanu. Šī metode, kuru ieviesa Dānijas Enerģētikas aģentūra, var tikt izmantota koģenerācijas stacijas degvielas izmaksu nodalīšanai siltumenerģijas ražošanai enerģijas un emisiju statistikā.

$$f_Q = Q / 2 \text{ Kurināmais}_{in}$$

3.6 Pas 2050

PAS 2050 metode ir Britu standarta metode, kas izskaidro SEG emisiju aprēķinu preču un pakalpojumu ražošanā. Emisiju un koģenerācijas sistēmas sadalīšana saražotajā siltumā un elektroenerģijā, tiek izmantots speciālais „intensitātes” koeficients „n”, kas norāda kurināmā sadegšanas laikā izdalītās emisijas

$$f_Q = Q / (Q + n E)$$

Emisiju piešķiršana siltumenerģijai un elektroenerģijai ir atkarīga no katrai koģenerācijas sistēmai paredzētā siltuma un elektroenerģijas attiecības, kas raksturīga procesam. Koģenerācijas sistēmām uz katlu bāzes (ogles, koksne, cietais kurināmais), koeficients n ir 2.5, savukārt koģenerācijas sistēmām kuru pamatā ir turbīnas (dabas gāze, poligona gāze) $n = 2.0$.

3.7 Drēzdenes metode

Drēzdenes metodes pamatā ir ekserģijas novērtējums. Elektrostacijās visa primārā enerģija ir saistīta

ar elektroenerģijas ražošanu. Tajā pašā laikā koģenerācijas stacijās viena daļa primārās enerģijas tiek patērēta siltumenerģijas ražošanai. *Drēzdenes metode* apraksta, kā novērtēt elektroenerģijas zudumus, ko rada siltuma ieguve (ūdens tvaika kondensācija) koģenerācijas stacijā $\Delta E = Q \eta_c v_p$, kur η_c ir Karno efektivitāte un v_p ir procesa kvalitātes pakāpe.

$$f_Q = \Delta E / E$$

| Method | Allocation factor of heat production, f_Q | E.g. f_Q value |
|------------------------------|--|------------------|
| Energy method | $Q / (Q + E)$ | 0,2162 |
| Alternative generation meth. | $(Q / \eta_{alt_heat}) / (Q / \eta_{alt_heat} + E / \eta_{alt_elec})$ | 0,3830 |
| Power bonus method | $(E_{P,in} - W_{CHP} f_{P,elt}) / (Q_{del} + E_{del})$ | 0,2226 |
| Exergy method | $EX_Q / (EX_Q + EX_E)$ | 0,1507 |
| 200% method | $Q / 2 Fuel_{in}$ | 0,0608 |
| PAS 2050 | $Q / (Q + n E)$ | 0,1212 |
| Dresden method | $\Delta E / E$ | 0,0834 |

Dalīšanas koeficients koģenerācijas sistēmai ar gada siltuma slodzi 27 GWh un maksimālajam siltuma pieprasījumam 14 MW.

4 Secinājumi

Table 4.2. Scores for the chosen method in MCDA analysis.

| Method | AGFW | ZERBAU | BTU | RTU | IMP PAN | Thermopolis | HEM | SUM | Ranking | Variation |
|-------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|--------------|
| Energy method | 52.000 | 52.000 | 49.857 | 52.286 | 53.143 | 59.143 | 53.143 | 371.57 | 5 | 5.0% |
| Alternative generation method | 43.286 | 53.286 | 46.429 | 52.714 | 45.857 | 36.429 | 40.571 | 318.57 | 7 | 12.5% |
| Power bonus method | 48.286 | 48.286 | 41.286 | 52.143 | 55.429 | 44.571 | 39.857 | 329.86 | 6 | 11.1% |
| Exergy method | 71.000 | 71.000 | 70.714 | 60.714 | 60.571 | 59.429 | 57.000 | 450.43 | 1 | 9.0% |
| 200% method | 60.286 | 56.857 | 59.143 | 56.143 | 53.143 | 44.571 | 66.000 | 396.14 | 3 | 10.9% |
| PAS 2050 | 57.571 | 57.000 | 59.429 | 63.857 | 57.286 | 44.571 | 58.571 | 398.29 | 2 | 9.6% |
| Dresden Method | 63.857 | 63.857 | 45.714 | 60.143 | 46.286 | 44.571 | 50.429 | 374.86 | 4 | 15.1% |
| | 15.5% | 12.4% | 17.9% | 7.7% | 9.5% | 16.5% | 16.9% | | | |

LowTemp projekta partneris novērtēja dalīšanas metodi, izmantojot daudzkritēriju lēmumu analīzi (MCDA)

- Partneri ir norādījuši **Ekserģijas (Karno) metodi** kā labāko pieejamo metodi (virs 450 punktiem) CO₂ sadalei, vismaz starp aplūkotajām. Divas citas metodes: **PAS 2050** un **200%** būtu jāuzskaita par iespējamajām alternatīvām, tās ir saņēmušas līdzīgu punktu skaitu t.i. gandrīz 400 punktus.
- Vispiemērotākā no metodēm – **Ekserģijas metode** – ietver sevī plašāku enerģijas kvalitāti un kartē fizisko augšējo robežu CO₂ izdalīšanai, lai to sildītu kā blakusproduktu. Pastāv Ekserģijas metodes variants – **Drēzdene**, bet tā prasa lielāku datu pieejamību un plašākus aprēķinus.
- Projekta partneri uzskata, ka **Alternatīvā ģenerēšanas un Jaudas Bonusa Metode** ir izrādījušās vismazāk noderīgas.