



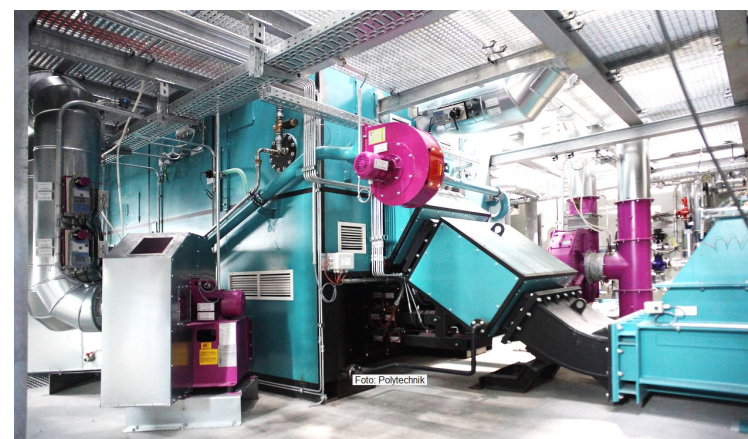
European Bank  
for Reconstruction and Development



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

# Технології та обладнання для виробництва тепла і електроенергії з біомаси

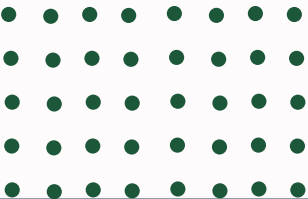
Євген Олійник,  
ТОВ «НТЦ «Біомаса»,  
Біоенергетична асоціація України





# Зміст

- 01** Виробництво теплової і електричної енергії з біомаси
- 02** Класифікація технологій і характеристики обладнання
- 03** Ефективність ТЕЦ і шляхи підвищення
- 04** Особливості застосування ТЕЦ на біомасі в централізованому теплопостачанні
- 05** Додаткові властивості і характеристики обладнання ТЕЦ
- 06** ТЕЦ і ТЕС на біомасі- приклади впровадження в Україні





European Bank  
for Reconstruction and Development



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

## Обладнання котелень, ТЕЦ/ТЕС на біомасі

Євген Олійник,  
ТОВ «НТЦ «Біомаса»,  
Біоенергетична асоціація України



# Виробництво електроенергії з ВДЕ

Year	Total	Coal	Oil	Gas	Nuclear	Renewables	Renewables (%)
2000	15 510	5 995	1 188	2 771	2 591	2 943	19%
2005	18 369	7 326	1 129	3 701	2 768	3 413	19%
2010	21 626	8 670	969	4 856	2 756	4 342	20%
2015	24 375	9 536	1 021	5 550	2 570	5 661	23%
2020	26 833	9 452	668	6 335	2 674	7 669	29%

All values in TWh

Continent	Total	Coal	Oil	Gas	Nuclear	Renewables	Renewables (%)
Africa	840	248	47	346	10	189	23%
Americas	6 498	973	161	2 162	954	2 248	35%
Asia	15 224	7 499	402	2 965	875	3 483	23%
Europe	3 927	586	52	801	834	1 653	42%
Oceania	310	148	5	62	0	96	31%

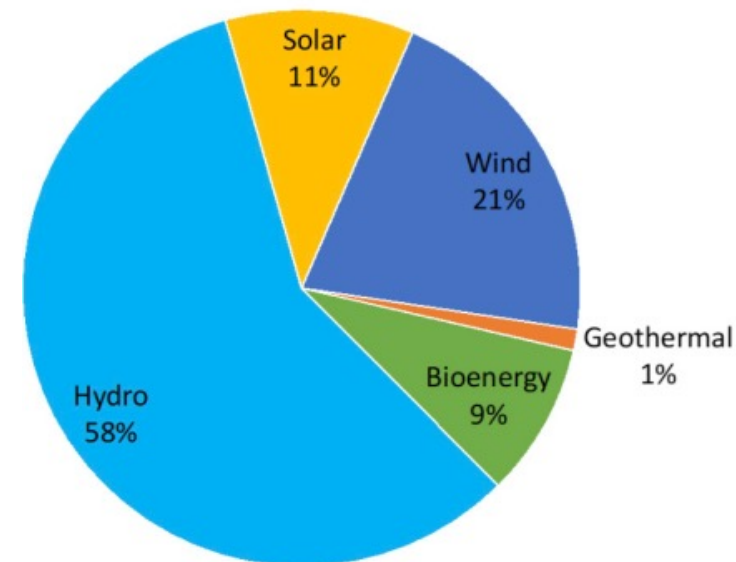
All values in TWh

Year	Total	Bioenergy	Hydro	Solar	Wind	Geothermal	Tide	Biopower (%)
2000	2 943	162	2 696	1.30	31.4	52.2	0.55	6%
2005	3 413	228	3 018	4.29	104	58.3	0.52	7%
2010	4 342	362	3 536	33.7	342	67.7	0.51	8%
2015	5 661	509	3 981	254	834	81.0	1.01	9%
2020	7 669	685	4 453	837	1 598	94.9	0.99	9%

All values in TWh

Continent	Total	Bioenergy	Hydro	Solar	Wind	Geothermal	Tide	Biopower (%)
Africa	189	2	150	14	18	5	0	1%
Americas	2 248	164	1 414	159	482	29	0	7%
Asia	3 483	276	2 147	466	563	30	0	8%
Europe	1 653	238	701	177	513	23	1	14%
Oceania	96	4	39	21	23	8	9	4%

All values in TWh



# Встановлена електрична потужність

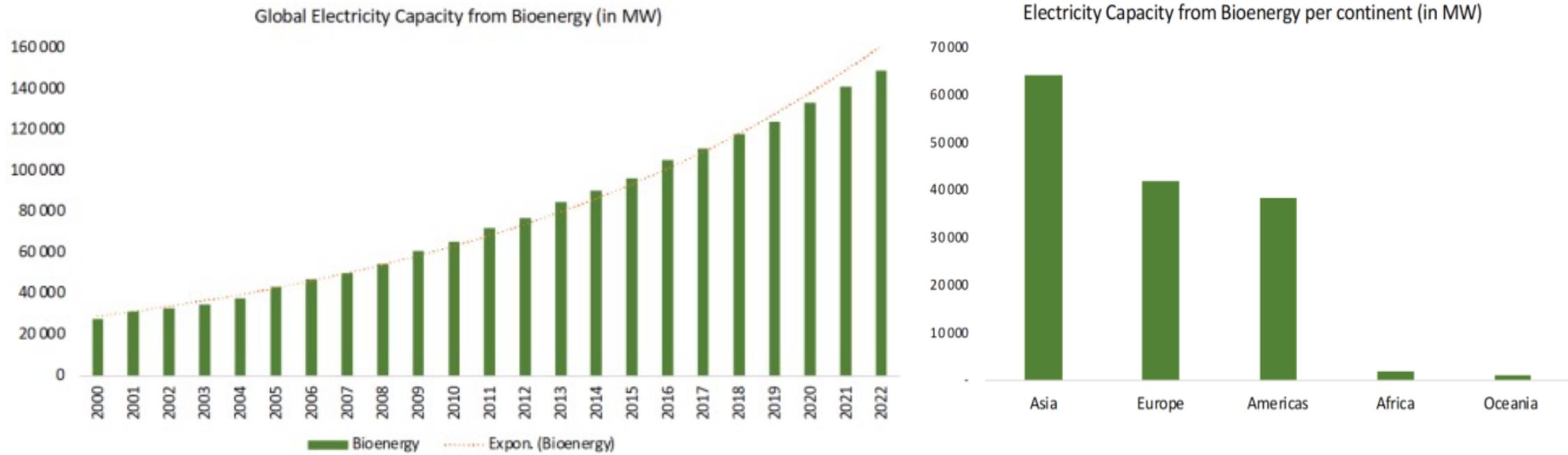
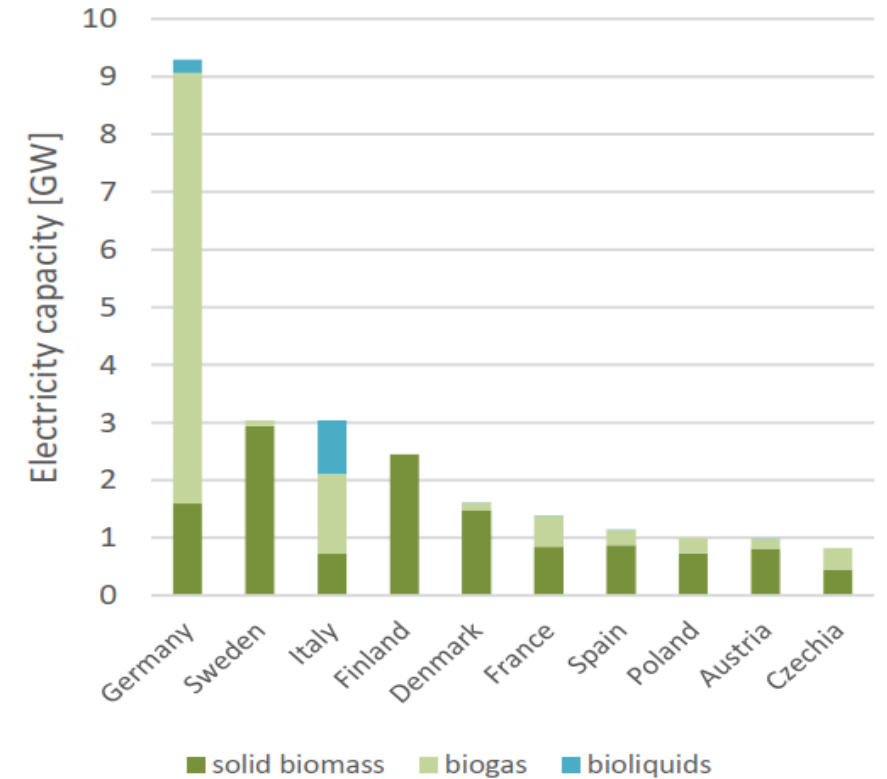
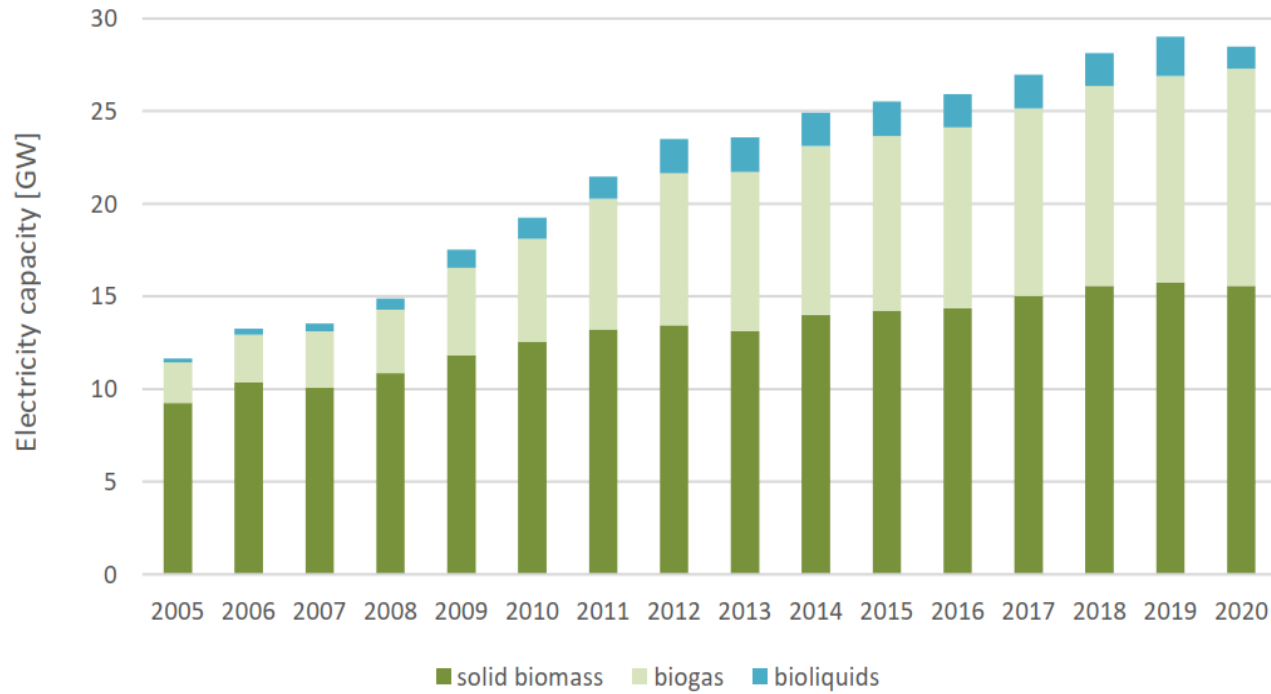
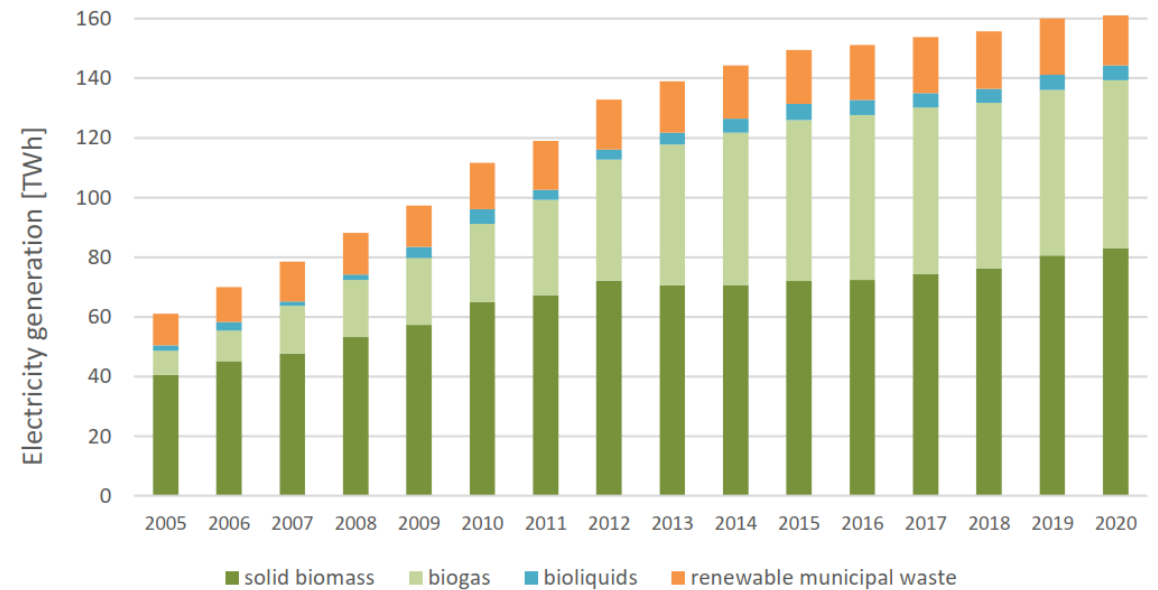
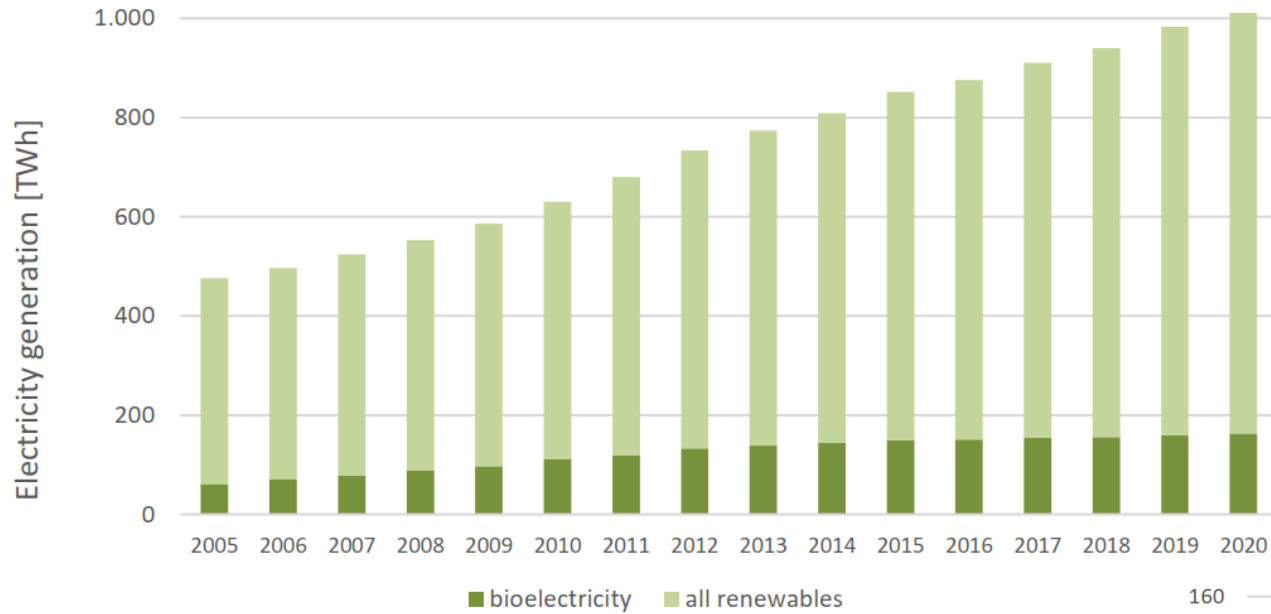


Figure 19 Total Electricity capacity from bioenergy

# Встановлена електрична потужність ЄС



# Виробництво електроенергії в ЄС



# Виробництво теплової енергії з ВДЕ

Year	Total	Coal	Oil	Gas	Nuclear	Renewables	Renewables (%)
2000	12.3	4.33	1.16	6.24	0.02	0.43	3.5%
2005	13.4	4.79	0.97	6.62	0.02	0.55	4.1%
2010	14.3	5.37	0.85	6.78	0.03	0.81	5.7%
2015	13.8	5.77	0.59	5.90	0.03	0.99	7.2%
2020	15.7	7.04	0.54	6.24	0.03	1.26	8.0%

All values in EJ

Continent	Coal	Oil	Gas	Nuclear	Renewables	Total	Renewables (%)
Africa	-	-	-	-	-	-	-
Americas	0.02	0.03	0.37	0.00	0.06	0.48	13%
Asia	6.46	0.42	4.46	0.01	0.24	11.60	2%
Europe	0.56	0.08	1.40	0.01	0.95	3.01	32%
Oceania	-	-	-	-	-	-	-

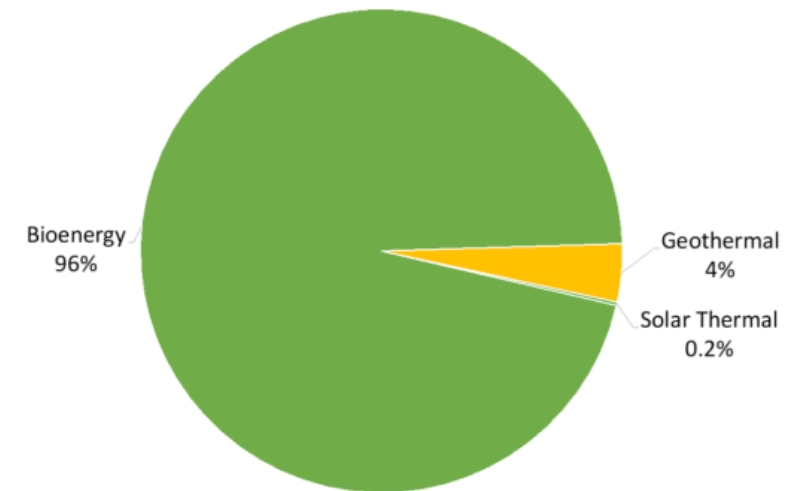
All values in EJ

Year	Total	Bioenergy	Geothermal	Solar Thermal	Bioenergy (in %)
2000	0.43	0.41	0.02	-	96%
2005	0.55	0.53	0.02	-	96%
2010	0.81	0.78	0.03	-	96%
2015	0.99	0.95	0.04	0.001	96%
2020	1.26	1.20	0.05	0.003	96%

All values in EJ

Table 14 Renewable heat production in continents in 2020

Continent	Bioenergy	Geothermal	Solar Thermal	Total	Bioenergy (%)
Africa	-	-	-	-	-
Americas	0.06	-	-	0.06	100%
Asia	0.24	-	-	0.24	100%
Europe	0.90	0.05	0.003	0.95	95%
Oceania	-	-	-	-	-





# Виробництво енергії з ВДЕ

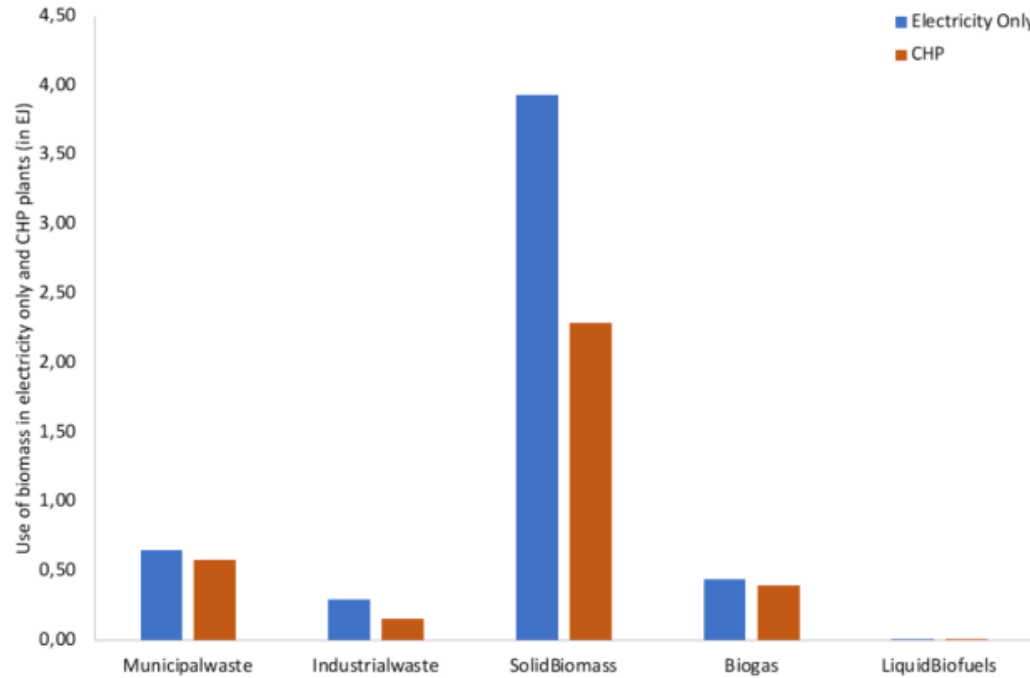


Figure 41 Use of biomass in electricity only and CHP plants in 2020

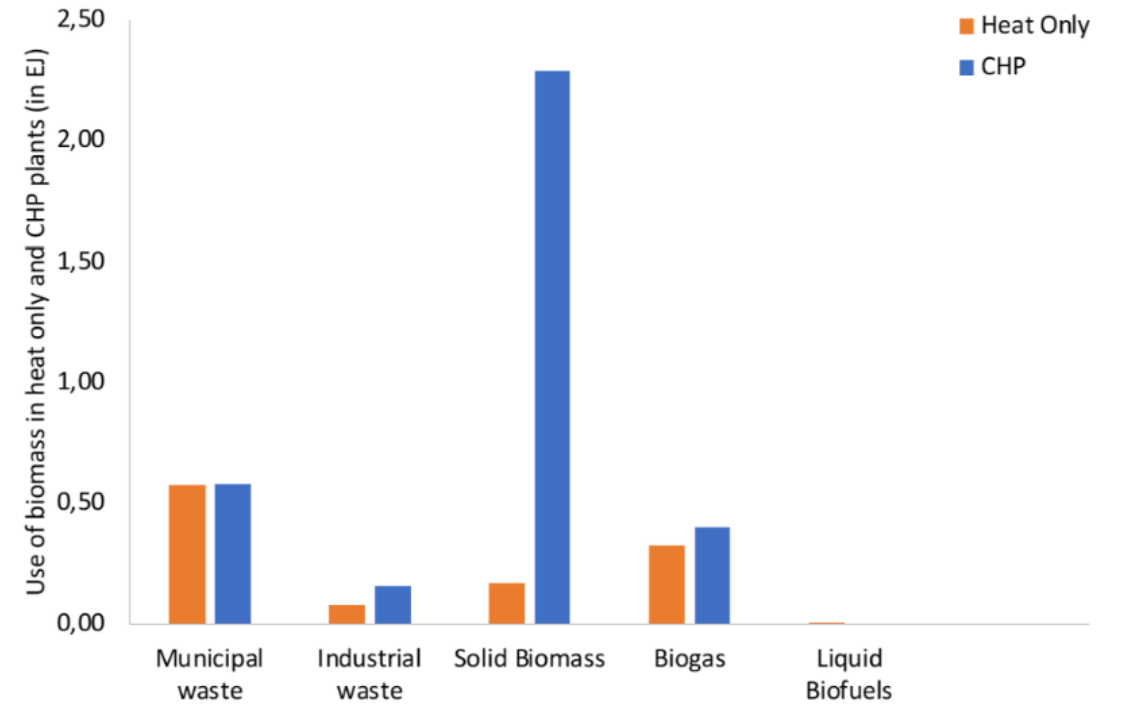


Figure 45 Use of biomass in heat only and CHP plants

# Класифікація технологій і обладнання

- Термохімічні технології:

- Пряме спалювання
- Сумісне спалювання
- Газифікація
- Піроліз
- Торефікація
- Горючі гази і водень
- Горючі рідини (біонафта) і похідні
- Горюче тверде паливо і похідні

- Робоче тіло:

- Пара
- Термо- масло
- Гаряче повітря

- За рівнем розвитку технології:

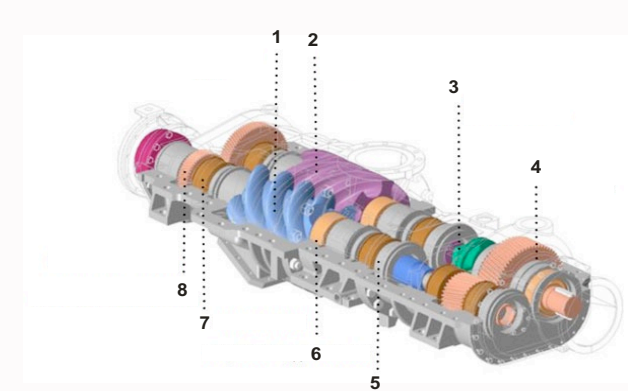
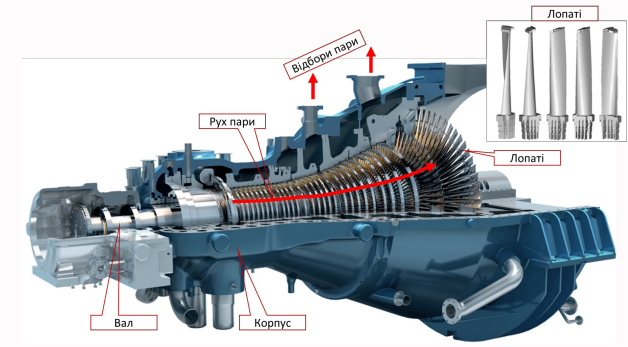
- Розвинутий комерційний рівень
- Ранній комерційний рівень
- Демонстраційний рівень
- Дослідний рівень

- Термодинамічні цикли:

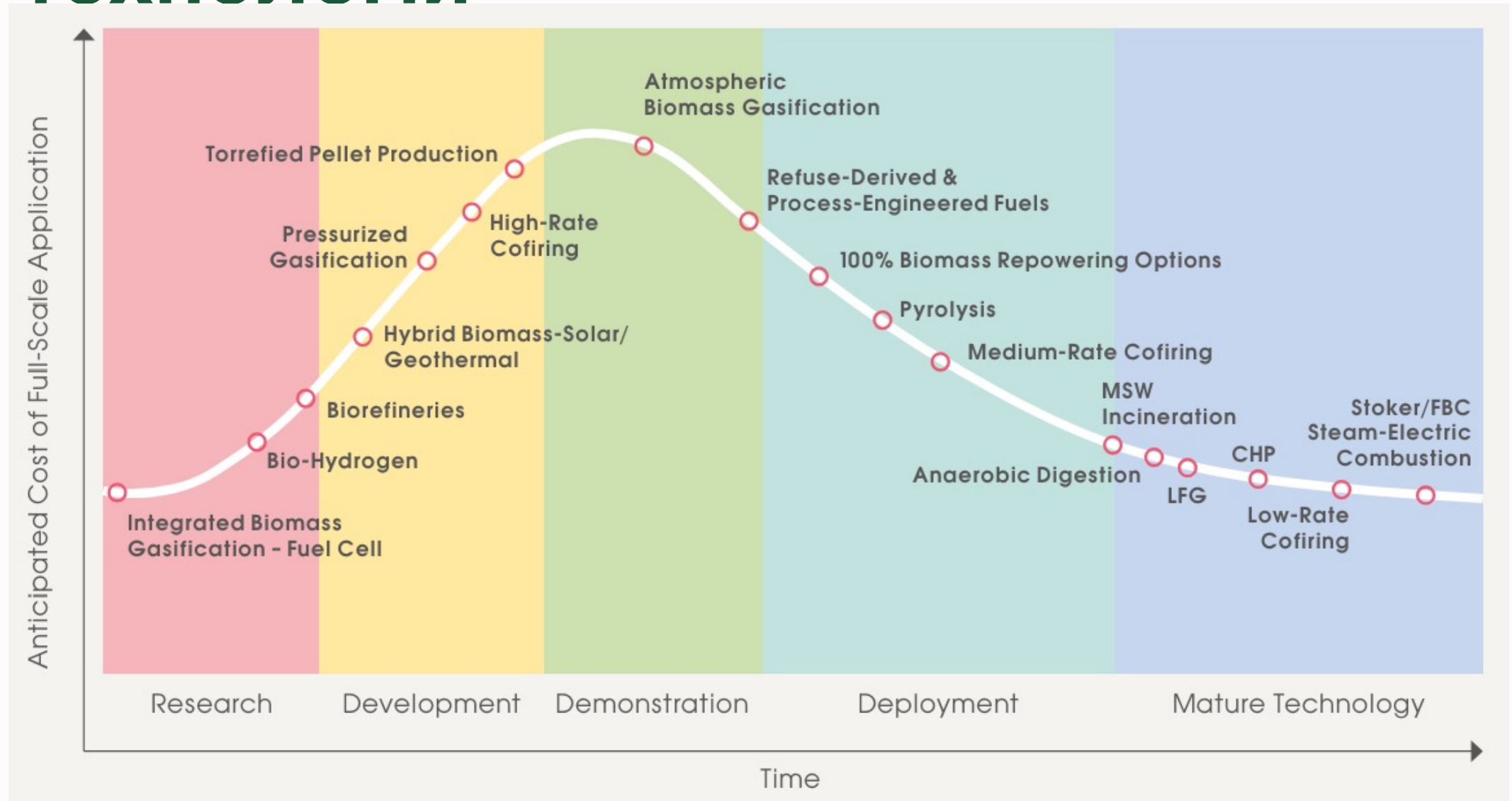
- Ренкіна / ОРЦ-Ренкіна (ПТУ)
- Дизеля / Трінклера
- Отто (поршневий)
- Брайтона (ГТУ)
- Комбіновані

- За типом обладнання

- Парові турбіни
- Гвинтові парові турбіни
- Поршневі парові двигуни
  
- ORC турбіни
- Двигуни внутрішнього згорання
- Газові турбіни
- Турбіни на гарячому повітрі
  
- Газові турбіни з внутрішньою газифікацією біомаси
- Газові мікротурбіни
- Двигуни Стірлінга (зовнішнього згорання)
- Паливні елементи



# Класифікація і розвиток технологій



# Характеристики енергоустановок

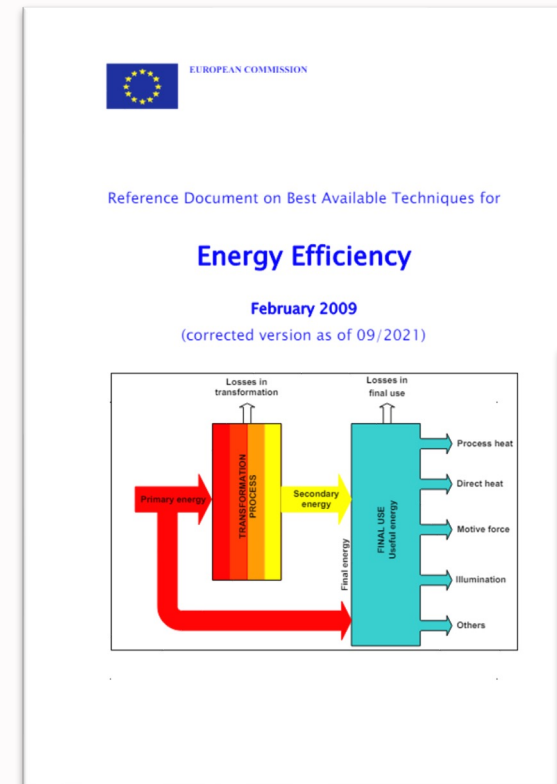
Технологія	Електрична потужність	Коефіцієнт корисної дії (електричний)
<b>Установки з прямим спалюванням палива</b>		
Паротурбінні установки	0,5...5 МВт	$\eta = 10...20 \%$
Паротурбінні установки	5...20 МВт	$\eta = 20...25 \%$
Паротурбінні установки	20 ... 50 МВт	$\eta > 30 \%$
Гвинтові парові двигуни	20...2000 кВт	$\eta = 10...12 \%$
Поршневі парові двигуни	200...2000 кВт	$\eta = 10...12 \%$
Котельні установки з термоолією та паросилова установка з низькокиплячим робочим тілом (ORC)	300...2000 кВт	$\eta = 14...18 \%$
<b>Газосилові установки зовнішнього згорання</b>		
Установки з двигуном Стірлінга	0,5...100 кВт	$\eta = 14...20 \%$
Газові турбіни на гарячому повітрі	400 кВт ... 5МВт	$\eta = 25 ... 30 \%$
<b>Установки з газифікацією палива</b>		
З двигунами внутрішнього згорання	100...2000 кВт	$\eta = 27...31 \%$
Газотурбінні установки	більше 1 МВт	$\eta = 18 ... 22 \%$
Мікрогазотурбінні установки	5...100 кВт	$\eta = 15...25 \%$
Газотурбінні установки із внутрішньоцикловою газифікацією	понад 10 МВт	$\eta = 40 ... 55 \%$
Отримання водню та його використання у паливних елементах	20 ... 2000 кВт	$\eta = 25 ... 40 \%$

# Найкращі доступні технології (BAT)

**BAT (Best Available Techniques)** - це довідковий документ (BREF) відображає інформацію про найкращі доступні методи, пов'язані з моніторингом та розробками в них.

Підвищення ефективності використання енергії є найшвидшим, найбільш ефективним і економічно ефективним способом вирішення питань:

- зміни клімату
- масштабного використання викопного палива та необхідність досягнення стійкості
- енергетичної безпеки
- Включає в т.ч. :
  - технології і установки спалювання
  - когенерації
  - скидного тепла
  - відпуску електричної енергії

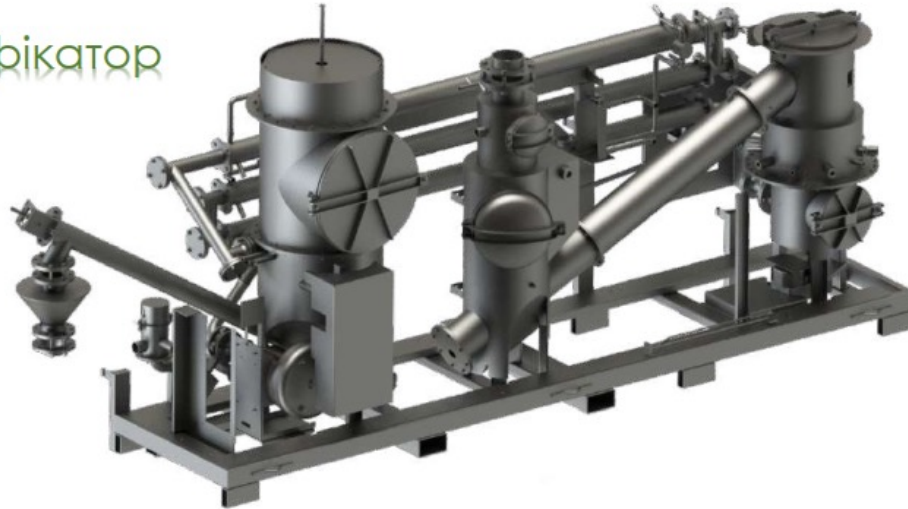


# КГУ з газифікаторами біомаси

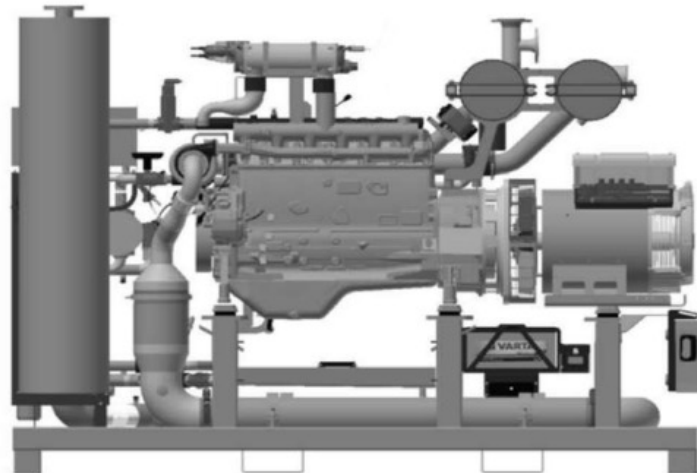
## Склад деревного газу

CO (чадний газ):	17 – 20%
H <sub>2</sub> (водень):	13 - 16%
CH <sub>4</sub> (метан):	1 – 5%
CO <sub>2</sub> (вуглекислий газ):	7 – 12%
C <sub>n</sub> H <sub>n</sub> :	0,1 – 0,5%
N <sub>2</sub> (азот):	61,9 – 46,5%

Газифікатор



Двигун



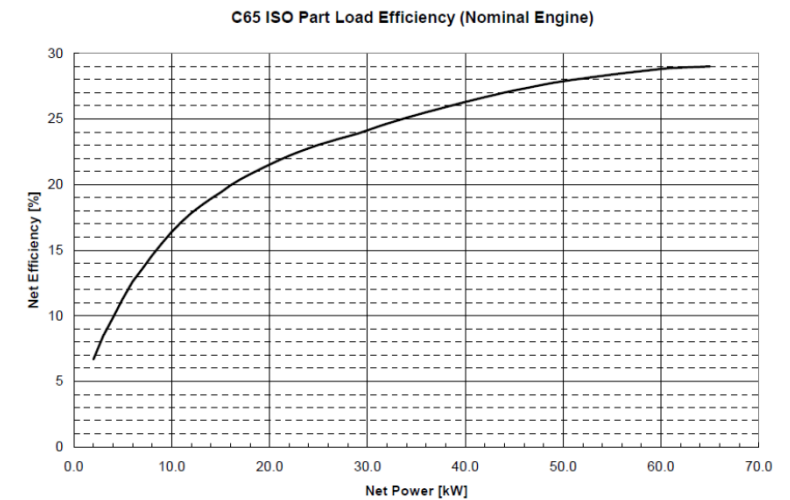
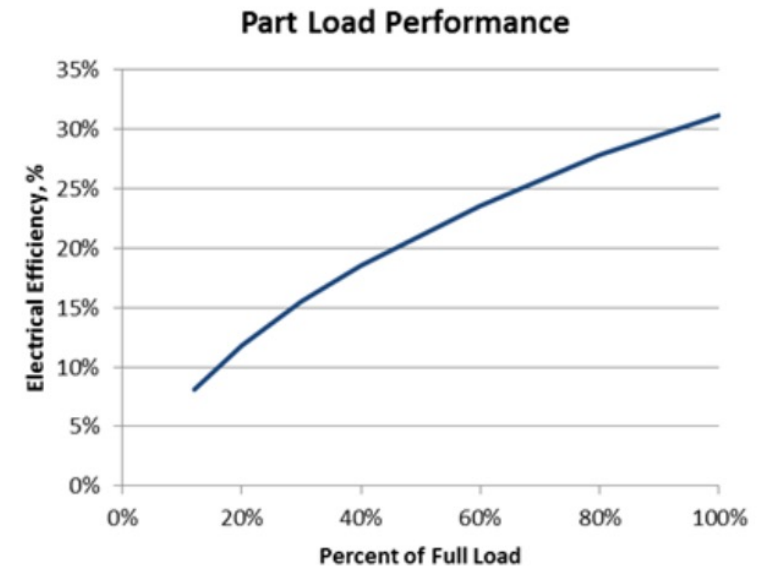
Технічні характеристики 1 газифікатора  
для отримання електричної та теплової енергії

№	Найменування	Значення
1	Теплова потужність	108 кВт
2	Електрична потужність	68 кВт
3	Річне виробництво теплової енергії при 8000 год/рік	760 Гкал (дозволить 1 100 кв.м)
4	Річне виробництво е/е при 8000 год/рік	451 520 кВт*год
5	Витрата палива (тріски)	54,4 кг/год (+/- 7%) <sup>1)</sup>
6	Вміст вологи в паливі	до 13 %
7	Розмір фракції палива	P31S (відповідно DIN ISO 17225-1, вміст фракції < 4 мм не більше 30%)
8	Видалення золи	3 - 10 % від використаної кількості палива
9	Необхідна вільна площа Земельної ділянки	50 кв.м. (при блочно-модульному виконанні)

<sup>1)</sup> Залежно від вмісту вологи та якості використовуваного матеріалу для газифікації.

# Ефективність виробництва

System	Component	Efficiency Measure	Description
Separate heat and power (SHP)	Thermal Efficiency (Boiler)	$EFF_Q = \frac{\text{Net Useful Thermal Output}}{\text{Energy Input}}$	Net useful thermal output for the fuel consumed.
	Electric-only generation	$EFF_P = \frac{\text{Power Output}}{\text{Energy Input}}$	Electricity Purchased From Central Stations via Transmission Grid.
	Overall Efficiency of separate heat and power (SHP)	$EFF_{SHP} = \frac{P + Q}{P/EFF_{Power} + Q/EFF_{Thermal}}$	Sum of net power (P) and useful thermal energy output (Q) divided by the sum of fuel consumed to produce each.
Combined heat and power (CHP)	Total CHP System Efficiency	$EFF_{Total} = (P + Q)/F$	Sum of the net power and net useful thermal output divided by the total fuel (F) consumed.
	FERC Efficiency Standard	$EFF_{FERC} = \frac{(P + Q/2)}{F}$	Developed for the Public Utilities Regulatory Act of 1978, the FERC methodology attempts to recognize the quality of electrical output relative to thermal output.
	Effective Electrical Efficiency (or Fuel Utilization Efficiency, FUE):	$FUE = \frac{P}{F - Q/EFF_{Thermal}}$	Ratio of net power output to net fuel consumption, where net fuel consumption excludes the portion of fuel used for producing useful heat output. Fuel used to produce useful heat is calculated assuming typical boiler efficiency, usually 80 percent.
	Percent Fuel Savings	$S = 1 - \frac{F}{P/EFF_P + Q/EFF_Q}$	Fuel savings compares the fuel used by the CHP system to a separate heat and power system. Positive values represent fuel savings while negative values indicate that the CHP system is using more fuel than SHP.



Source: Capstone, C65 Technical Reference

# Розподіл витрат палива при комбінованому виробництві

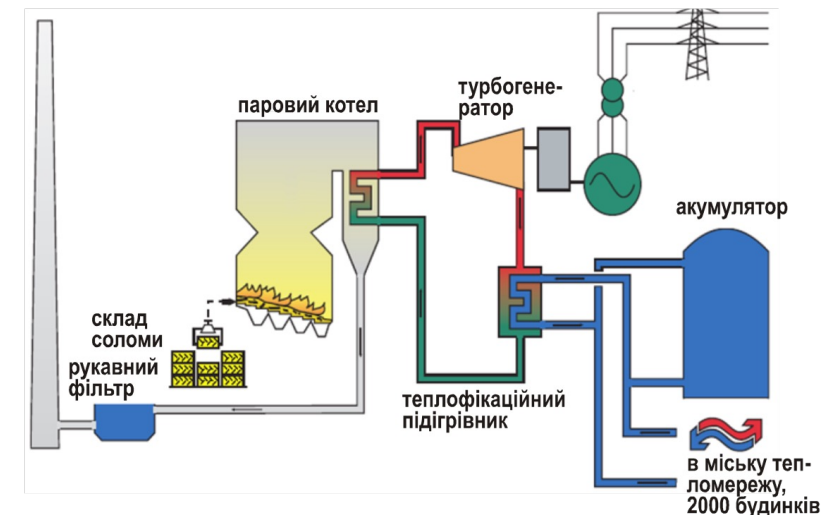
**ГКД 34.09.103-96.** «Расчет отчетных технико-экономических показателей электростанции о тепловой экономичности оборудования. Методические указания». (Фізичний метод)

**ГКД 34.09.108-98.** "Розподіл витрати палива на теплових електростанціях на відпущену електричну і теплову енергію при їх комбінованому виробництві" ВАТ "ЛьвівОРГРЕС" . (Покращена методика)

**ГКД 34.09.100-2003** «Витрати палива на відпущену електричну та теплову енергію при їх комбінованому виробництві на теплових електростанціях. Методика визначення»

## Методи розподілу витрат палива є:

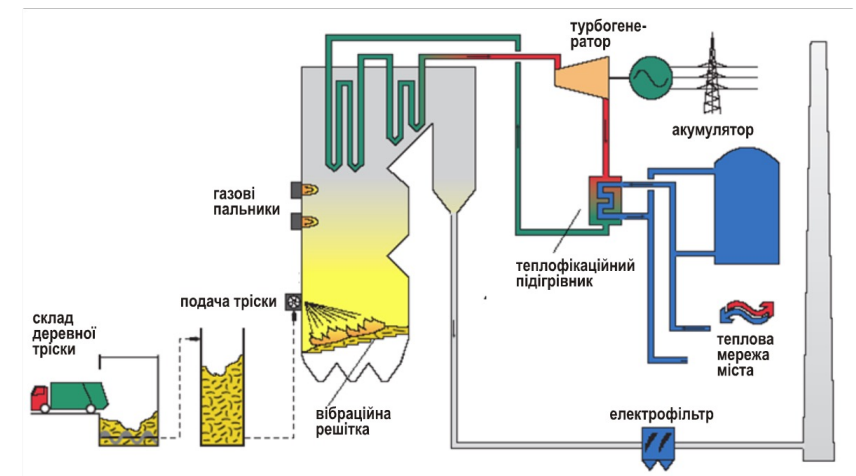
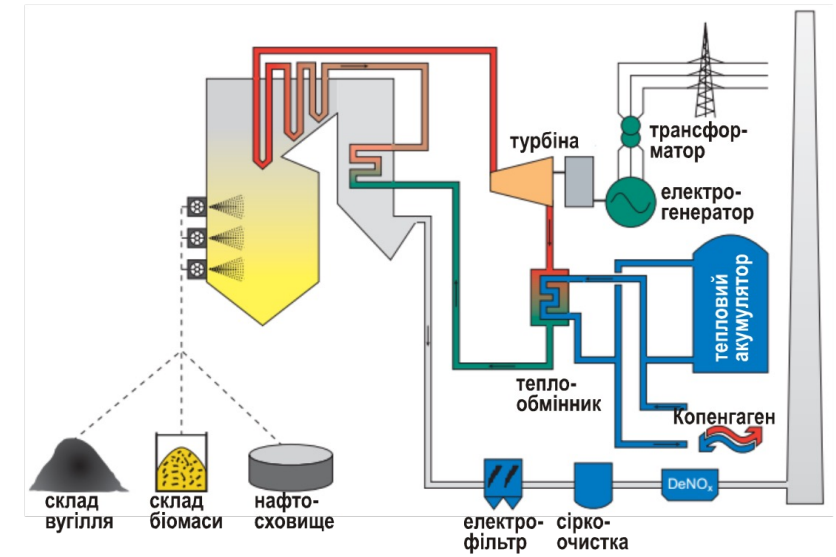
- Розрахунок у відповідності до енергетичної цінності тепла
- Методи залишкової вартості
- Метод цінності енергії
- Фізичний метод
- Метод зниження виробництва електричної енергії
- Методи розподілу економії



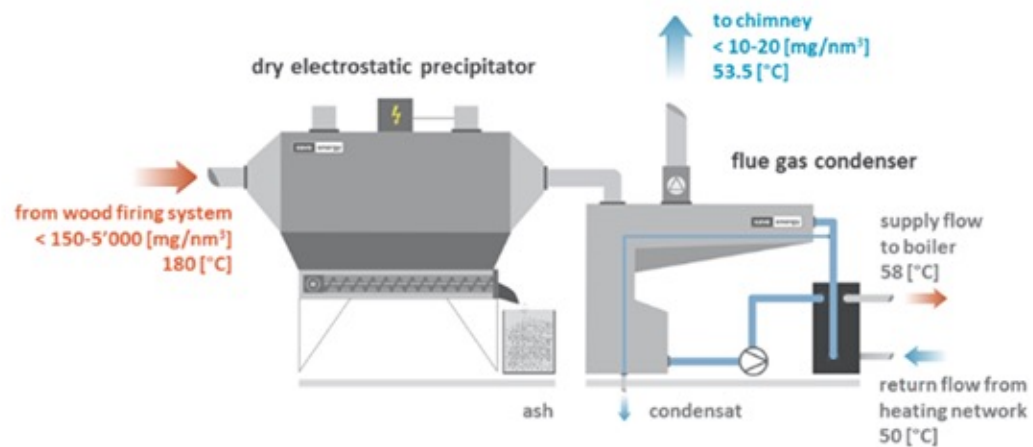
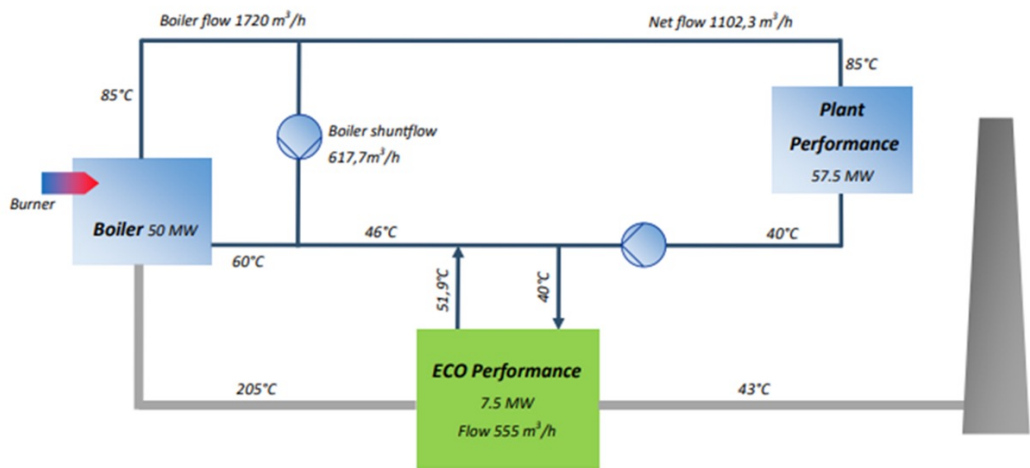


# Підвищення ефективності ТЕЦ

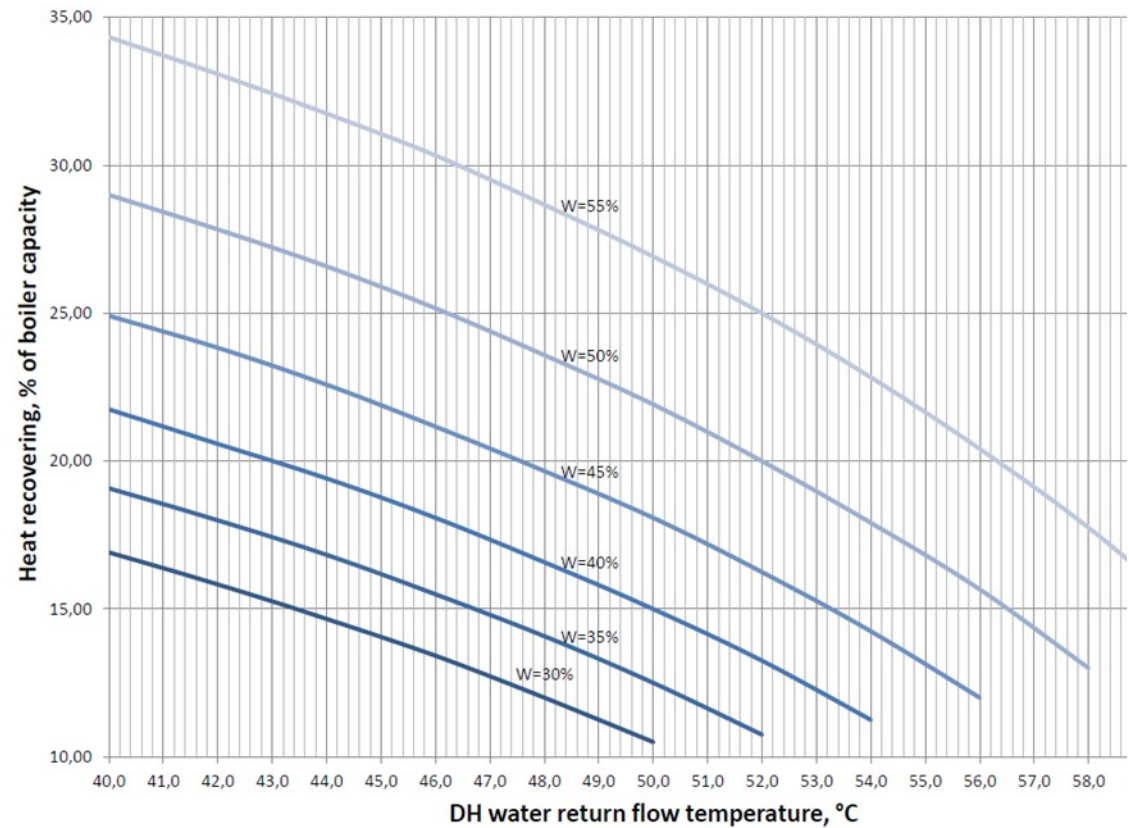
- Підвищення робочих параметрів (тиску і температури)
- **Підвищення ККД котлів**
  - вибір технології спалювання
  - багатоступенева подача повітря
  - зниження температури димових газів (економайзери)
  - зниження інших втрат
- **Оптимізація схемних і організаційних рішень ТЕЦ**
  - промперегрів
  - зниження тиску за турбіною (в конденсаторі)
  - регульовані промвідбори і регенеративні підігрівачі конденсату
  - зниження втрат
  - зниження власних потреб
  - збільшення тривалості експлуатації протягом року
  - організація роботи на номінальних параметрах
  - підвищення теплового навантаження (когенерація)
  - утилізація скидної теплової енергії – теплові насоси
  - системи накопичення теплової енергії



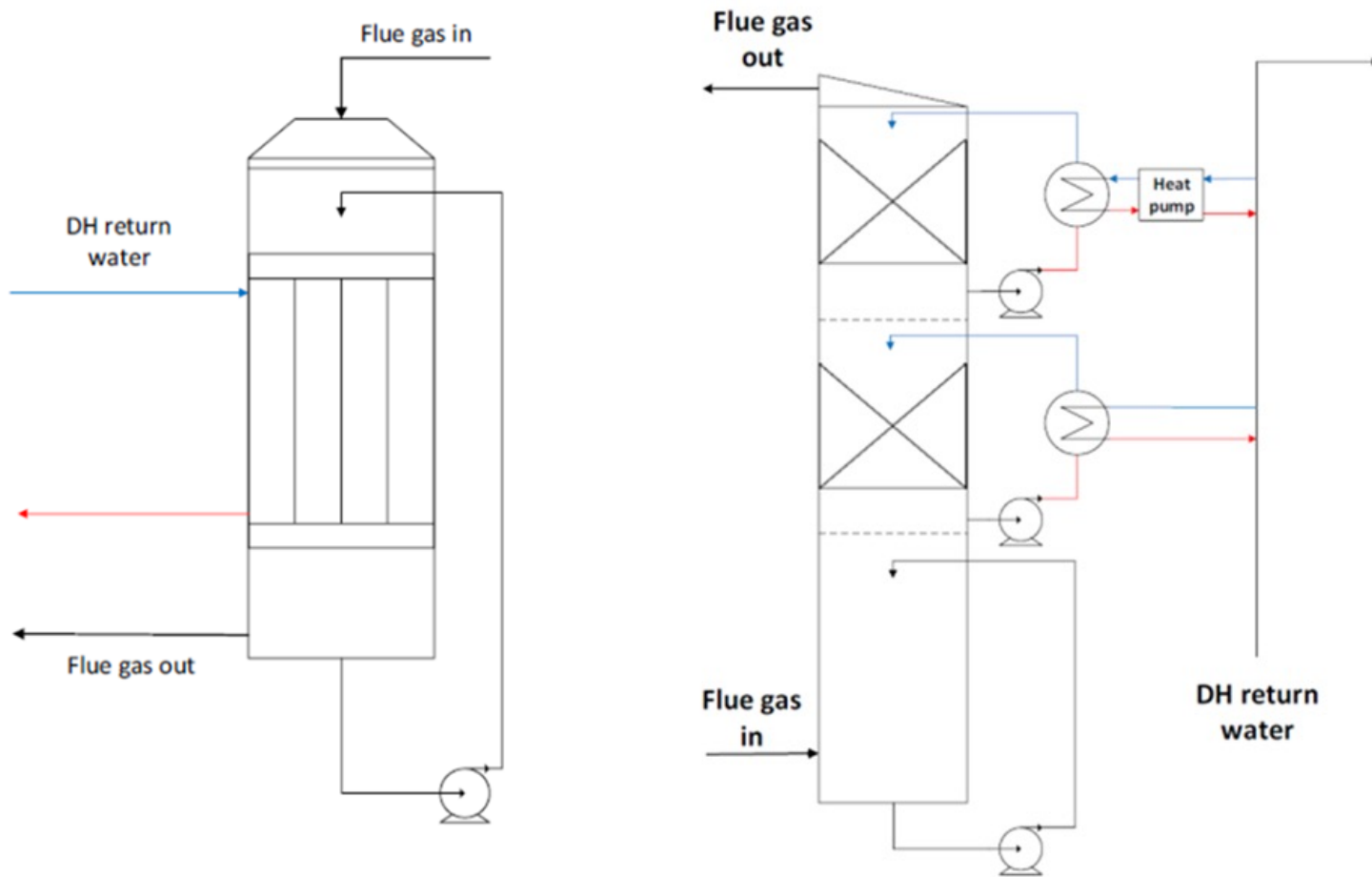
# Використання конденсаційних економайзерів



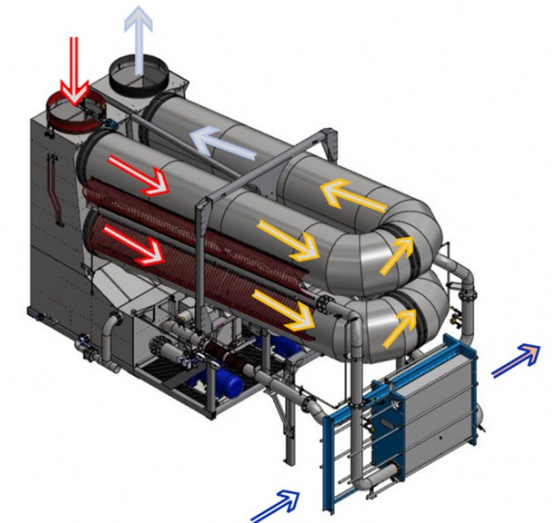
FGC correction curves



# Використання конденсаційних економайзерів



Абсорбційний тепловий насос

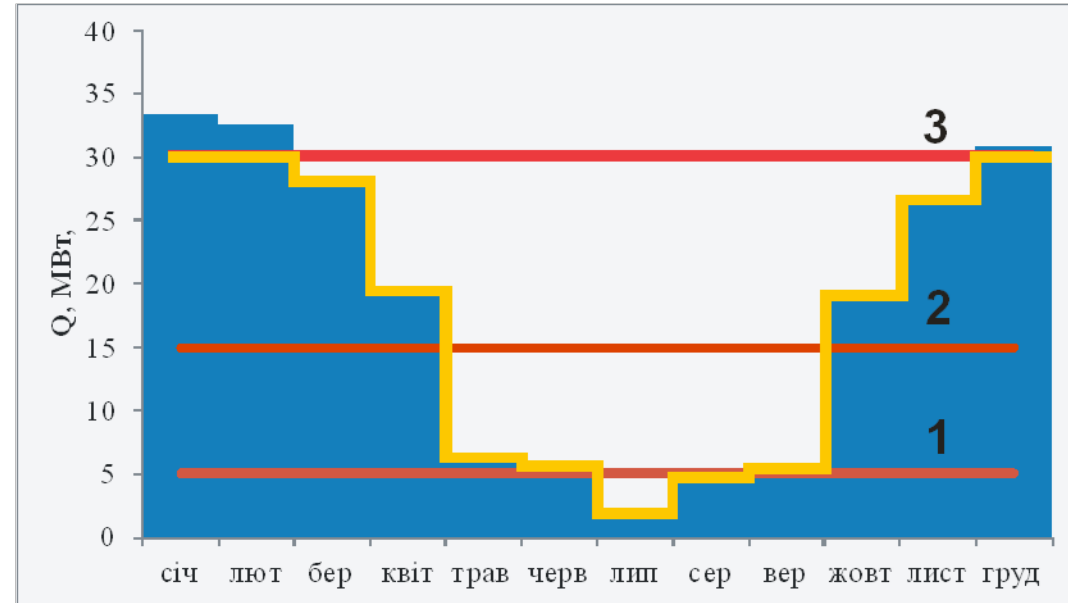
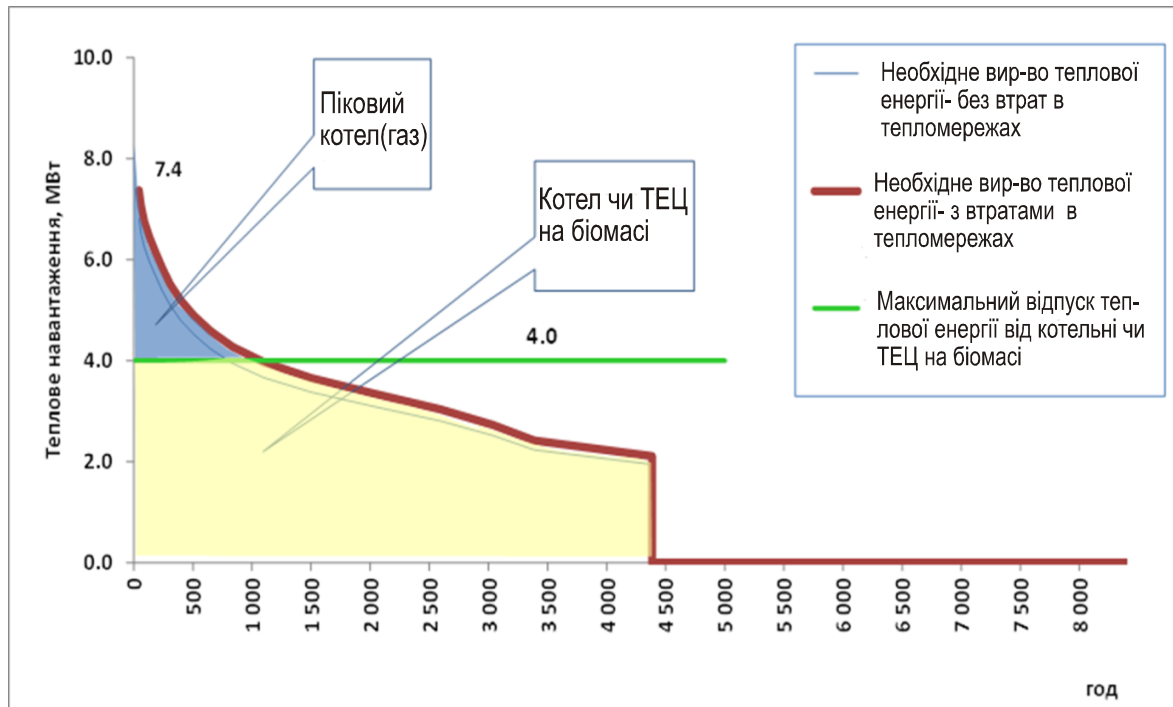


Конденсаційний економайзер

# Застосування ТЕЦ на біомасі в СЦТП

- нерівномірність навантажень протягом року
- залежність від температури зовнішнього повітря

графік тривалості теплового навантаження і розподілу навантажень між котлами на біомасі та газовими (піковими) котлами



## Впровадження в ЦТ (забезпечення теплових навантажень споживача):

- **Рівень 1** – є майже цілорічне навантаження ГВП. Протитискова турбіна – майже постійне виробництво теплової та ел. енергії.
- **Рівень 3** - майже повне покриття теплових навантажень найхолодніших місяців. Конденсаційна з відбором- робота до півроку майже в конденсаційному режимі.
- **Рівень 2** - проміжний варіант. Пошук економічно обгрунтованого оптимуму.

# Інші характеристики

- Паливна гнучкість
- Діапазон регулювання потужності
- Можливість регулювання відпуску і параметрів теплової енергії
- Базове співвідношення між відпуском теплової і електричної енергії
- Власні потреби ТЕЦ
- Електрична ефективність при розрахунковому навантаженні
- Можливість швидкого старту
- Можливість швидкої зміни потужності
- Можливість частих пусків-зупинок
- Можливість запуску і роботи в «острівному» режимі
- Модульність або блочність поставки
- Строк будівництва
- Надійність і строк експлуатації
- Ремонтпридатність
- Екологічні показники і викиди CO<sub>2</sub>
- Капітальні витрати
- Операційні витрати
- Питоме споживання палива на виробництво електричної і теплової енергії



# ТЕЦ і ТЕС на біомасі- приклади впровадження в Україні

# ТЕС і ТЕЦ на біомасі в Україні

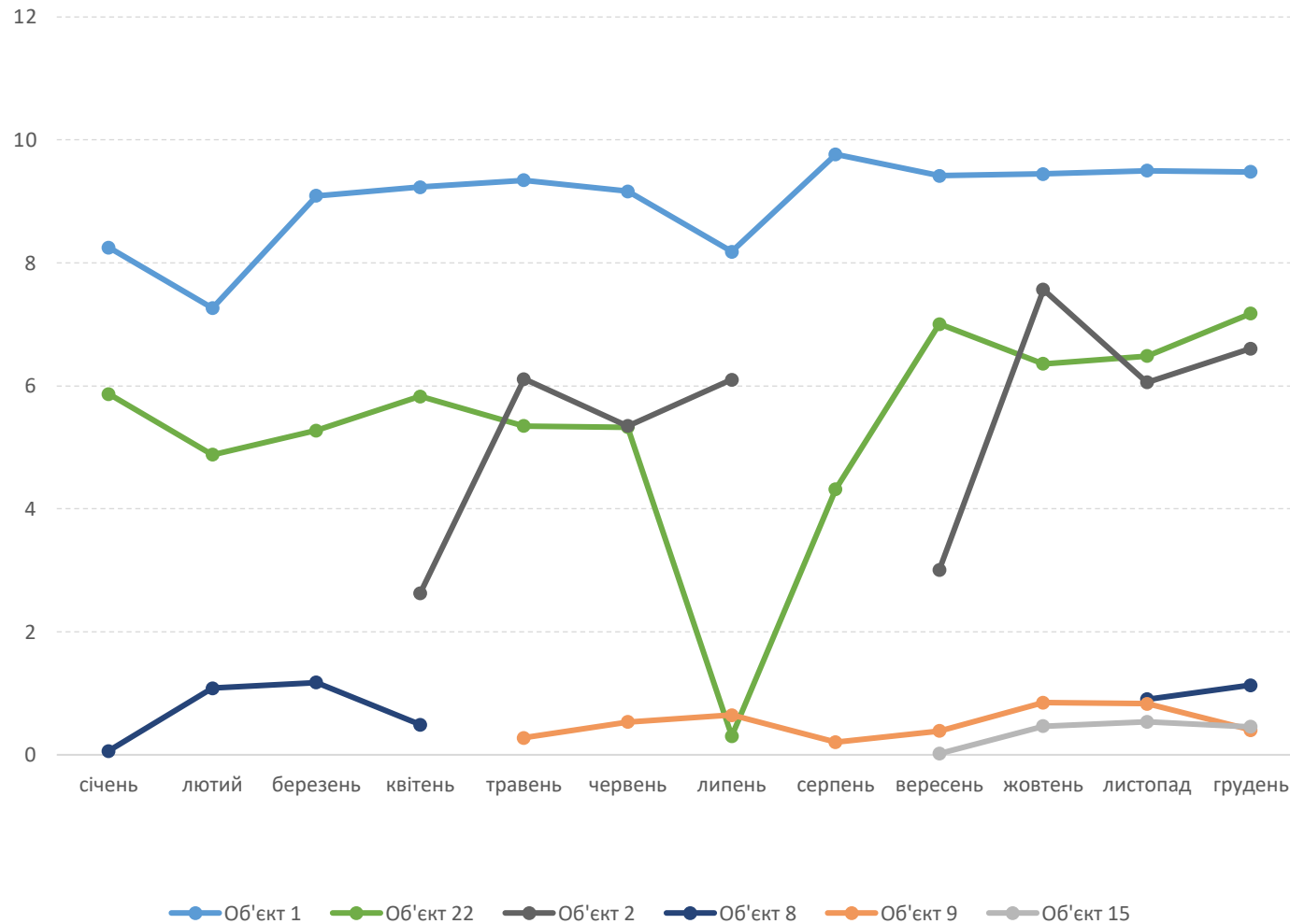
Компанія	Потужність, МВт
ТОВ "Аякс Дніпро"	16,0
ТОВ "Бандурський ОЕЗ"	13,7
ТОВ "Біогазэнерго"	19,0
ТОВ "Біо Електрикс"	6,0
ТОВ "Біотес"	6,0
ТОВ "Ейджиел Енерджи"	7,0
ТОВ "Екотеплоресурс"	2,5
ТОВ "АПК "Євгройл"	5,0
ПрАТ "Кропивницький ОЕЗ"	12,3
ТОВ "Кліар Енерджи"	4,0
ТОВ "Комбінат Каргілл"	2,0
ТЗОВ "Мебель-Сервіс"	2,4
КП "Міськтепловоденергія"	1,6
ТОВ "Південь Біо Енерджи"	3,0
ФОП Пересадько Роман Володимирович	0,1
ПрАТ "Поез-Кернел Груп"	10,4
ТОВ "Поліська ТЕС"	5,9
ТОВ "ПГС-Енергія"	2,7
ТОВ "Сінга Енерджіс"	5,1
ТОВ "Смілаенергопромтранс"	8,5
ФОП "Стельмащук Віра Дмитрівна"	0,1
ТОВ "Українська Чорноморська Індустрія"	16,0
ТОВ "ЕПГ "Югенергопромтранс"	5,0
ТОВ "Придніпровський ОЕЗ"	23,8
<b>Всього</b>	<b>178</b>

Регіон	К-сть, об'єктів	Потужність, МВт
Кіровоградська	2	36,1
Миколаївська	4	26,8
Київська	1	19,0
Одеська	1	16,0
Дніпропетровська	1	16,0
Полтавська	1	10,4
Черкаська	1	8,5
Хмельницька	2	7,6
Київська	2	7,5
Харківська	1	7,0
Закарпатська	1	6,0
Житомирська	1	5,9
Чернігівська	1	4,0
Запорізька	1	2,7
Львівська	1	2,4
Донецька	1	2,0
Івано-Франківська	2	0,2
<b>Всього</b>	<b>24</b>	<b>178</b>

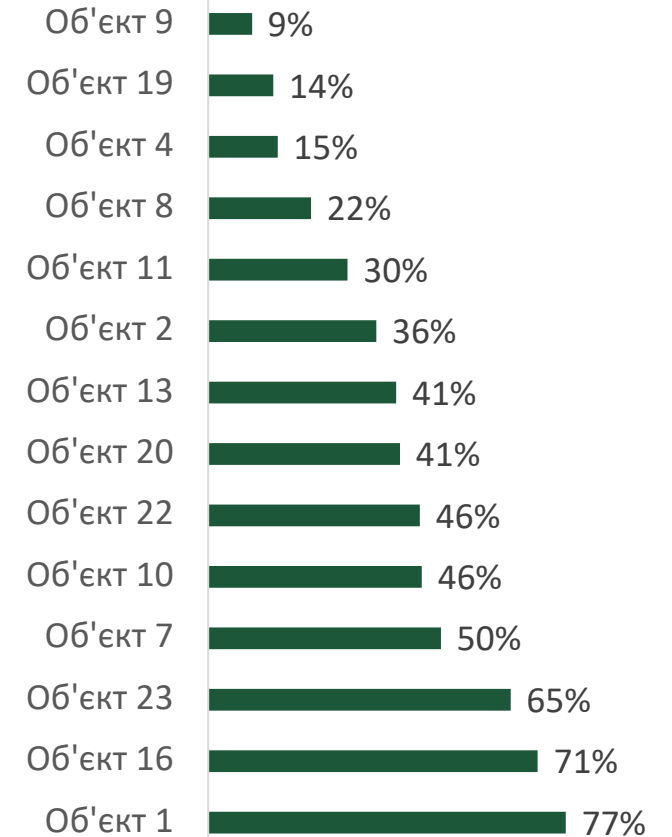
Паливо	К-сть об'єктів	Потужність, МВт	Мах потужність, МВт	Середня потужність, МВт
деревна тріска	13	66	19,0	5,1
лушпиння	11	112	23,8	10,2

# ТЕС і ТЕЦ на біомасі в Україні

Виробництво електроенергії у 2023 р, млн кВт-год



КВВП





# ТЕЦ на біомасі в Україні



*ТЕЦ на біомасі в м. Житомир, турбіна Triveni ORC 1,2 МВт(ел), 7,1 МВт (тепл.). Паливо -деревна тріска, відходи деревообробки*

# ТЕС на біомасі в Україні



*ТЕС на біомасі в пгт Іванків, 19 МВт(ел).  
Комел Hurst. Паливо -деревна тріска*

*ТЕС на біомасі в Переяславі-Хмельницькому,  
5 МВт(ел), 2018 р.. Паровий котел Wartsilla та  
парова турбіна Triveni*

# ТЕС на біомасі в Україні



*ТЕС «Аякс-Дніпро», Siemens 16 МВт(ел). Паливо- лушпиння соняшника*



*Поліська ТЕС, м. Овруч, 5,9 МВт(ел). Паливо -деревна тріска, в тому числі з енергетичної верби*




Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

# Дякую!

## Євген Олійник

 Консультант НТЦ «Біомаса»

 +380 97 709 76 58

 oliinyk@uabio.org

 <https://uabio.org>

