



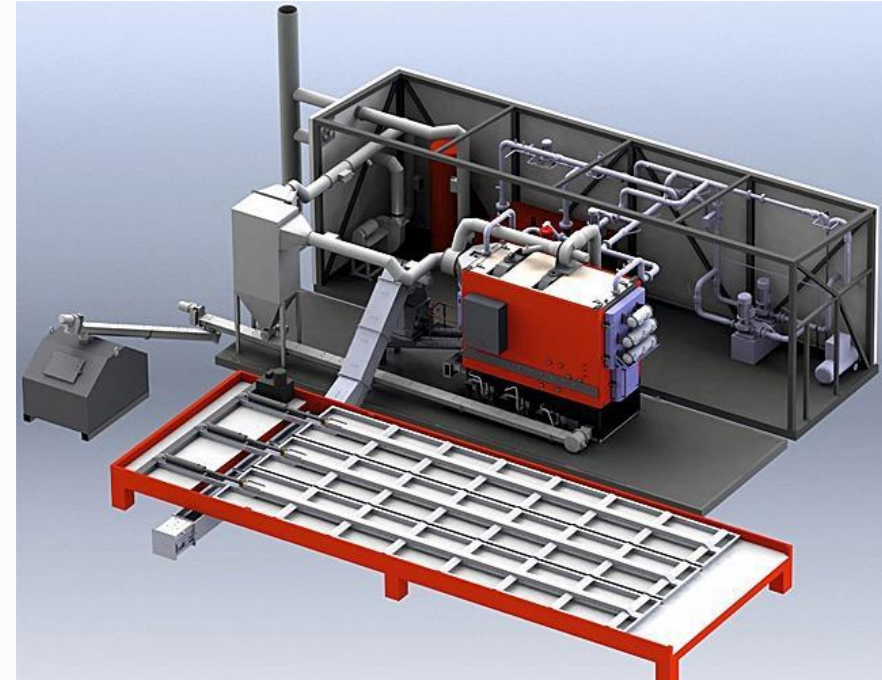
European Bank
for Reconstruction and Development



Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Використання твердої біомаси як палива на ТЕЦ і ТЕС

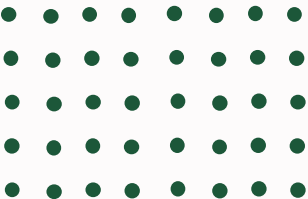
Володимир Крамар, к.т.н.,
ТОВ «НТЦ «Біомаса»,
Біоенергетична асоціація
України





Зміст

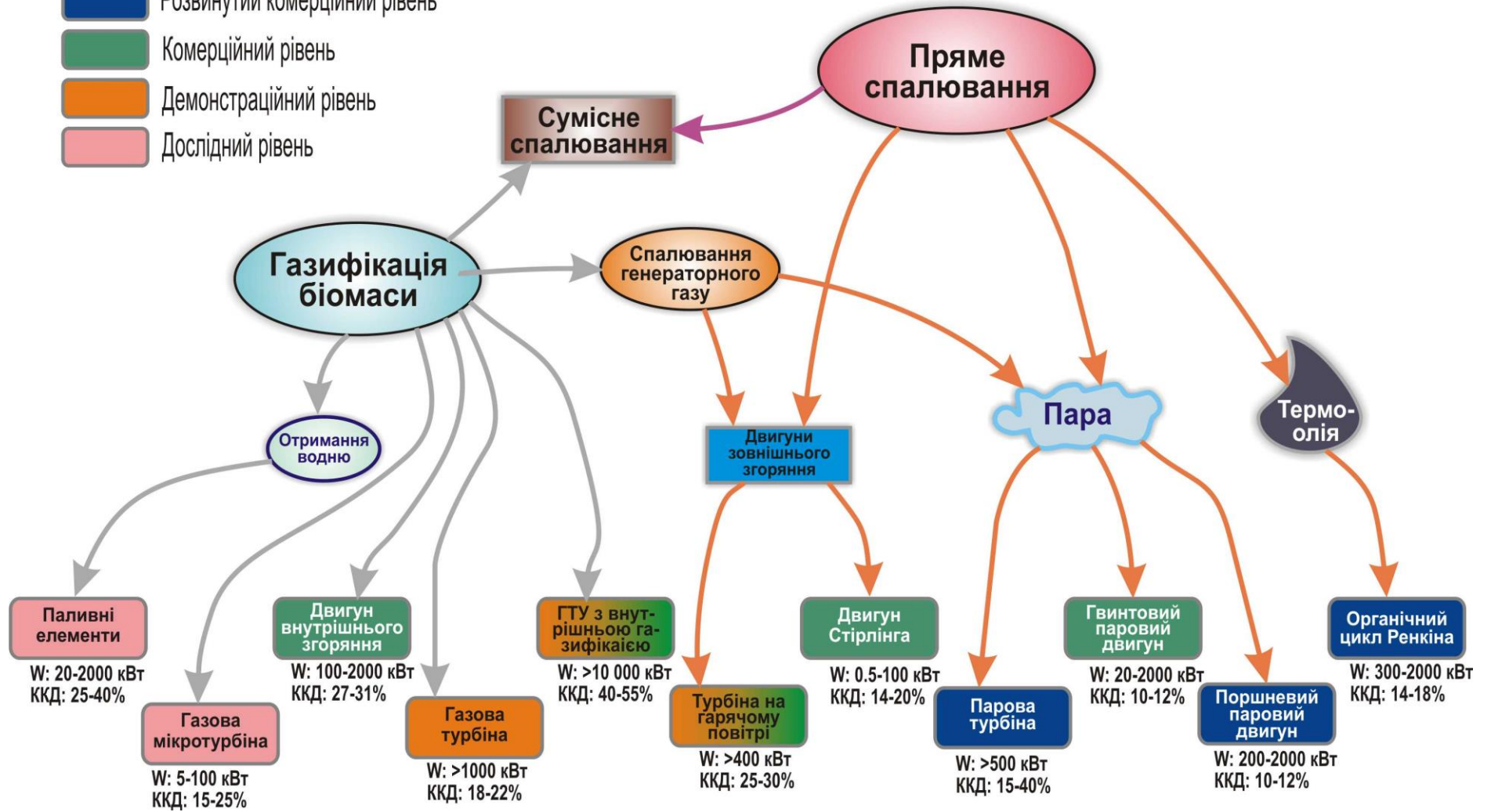
- 01** Основні технології виробництва електричної енергії з використанням твердої біомаси
- 02** Основні типи базових енергоустановок для ТЕЦ
- 03** Переваги та недоліки найбільш розповсюджених технологій
- 04** Особливості застосування ТЕЦ на біомасі в централізованому теплопостачанні
- 05** ТЕЦ і ТЕС на біомасі- приклади впровадження в Україні
- 06** ТЕЦ і ТЕС на біомасі- приклади впровадження в інших країнах
- 07** Парові котли для реалізації проєктів ТЕЦ та ТЕС на біомасі



Основні технології виробництва електричної енергії з використанням твердої біомаси

Позначення

- Розвинутий комерційний рівень
- Комерційний рівень
- Демонстраційний рівень
- Дослідний рівень

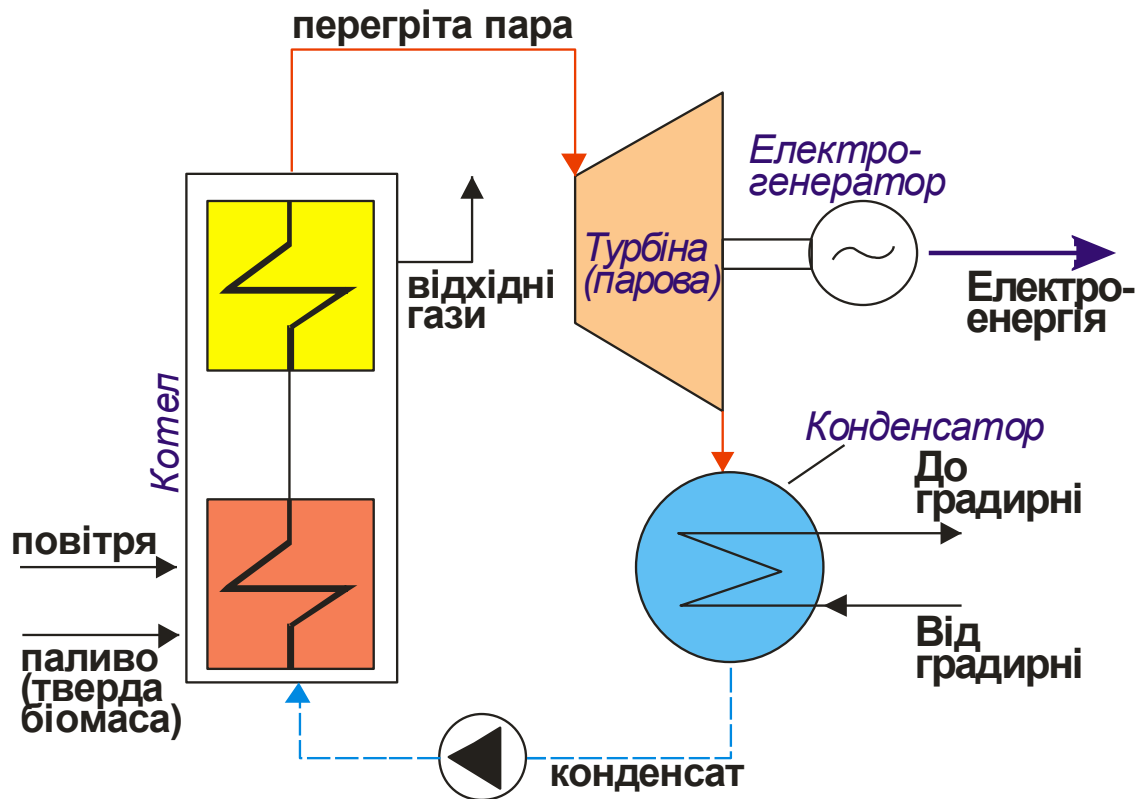


Основні типи базових енергоустановок для ТЕЦ

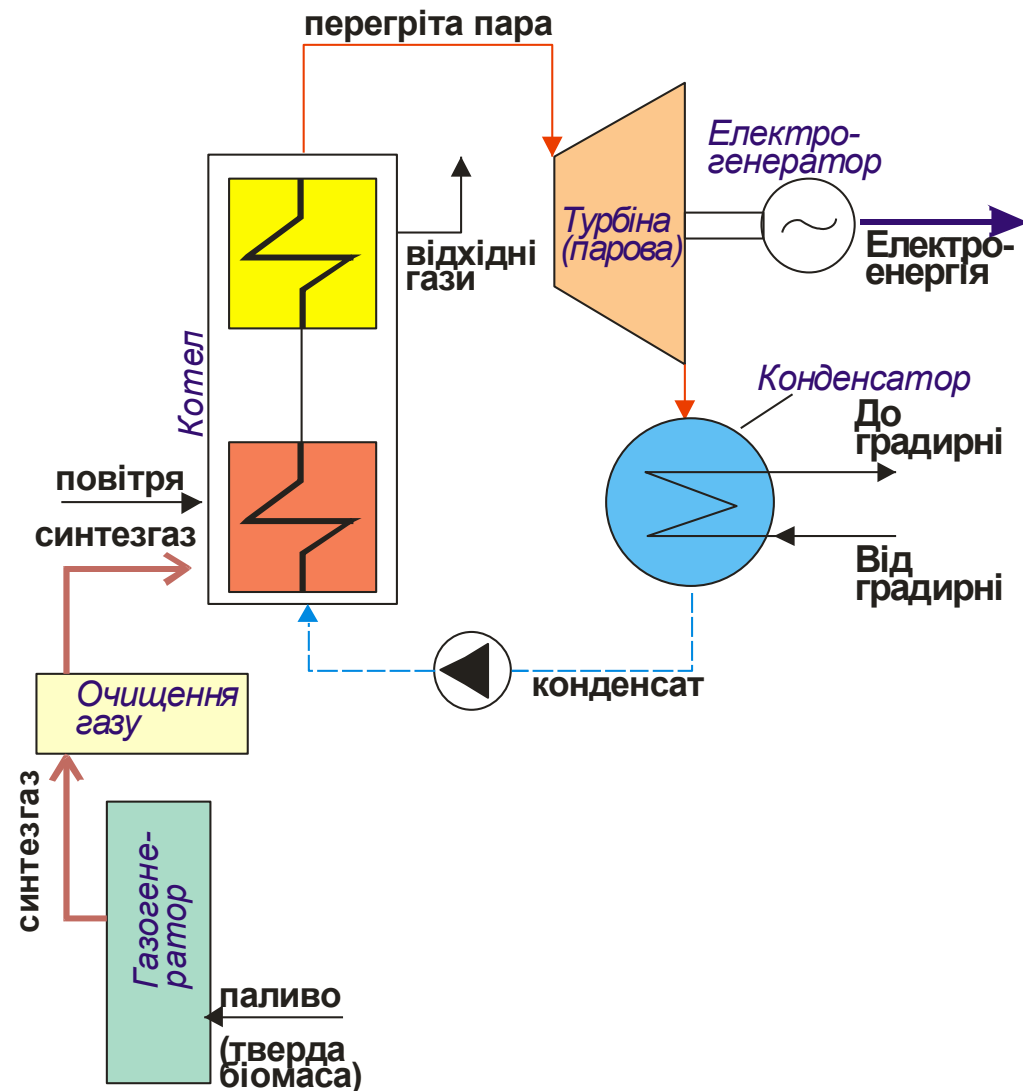
Технологія	Електрична потужність	Коефіцієнт корисної дії (електричний)
Установки з прямим спалюванням палива		
Паросилові установки		
Паротурбінні установки	0,5...5 МВт	$\eta = 10...20 \%$
Паротурбінні установки	5...20 МВт	$\eta = 20...25 \%$
Паротурбінні установки	20 ... 50 МВт	$\eta > 30 \%$
Гвинтові 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	$\eta = 14...18 \%$
Газосилові установки зовнішнього згорання		
Установки з двигуном Стірлінга	0,5...100 кВт	$\eta = 14...20 \%$
Газові турбіни на гарячому повітрі	400 кВт ... 5МВт	$\eta = 25 ... 30 \%$
Установки з газифікацією палива		
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	$\eta = 25 ... 40 \%$

Виробництво електричної енергії – паровий цикл

Пряме спалювання біомаси



Термічна газифікація біомаси



Виробництво електричної енергії – паровий цикл

Схема установки з парогвинтовим двигуном

- ❖ Пара перегріта або насичена
- ❖ Тиск перед двигуном 25 бар
- ❖ Тиск після двигуна 0,5-1,5 бар
- ❖ Добре працює у всьому діапазоні навантажень
- ❖ ККД 10 ...12,6%

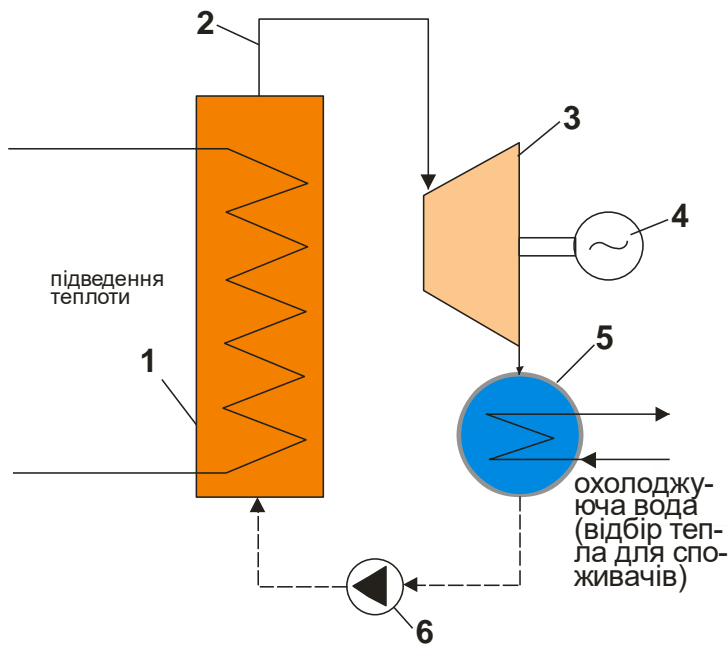
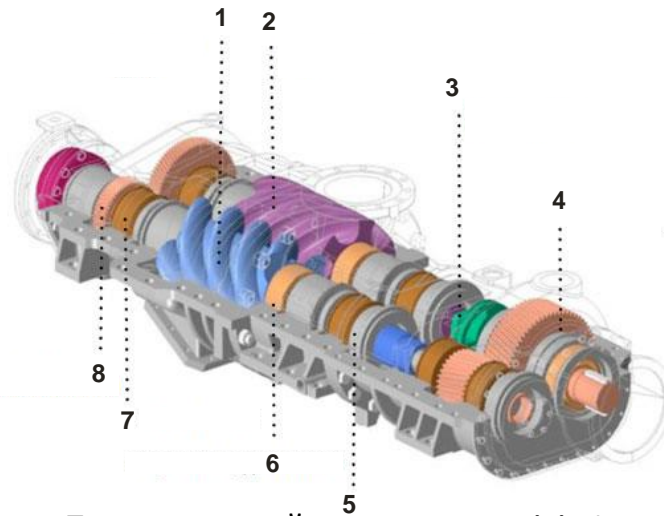
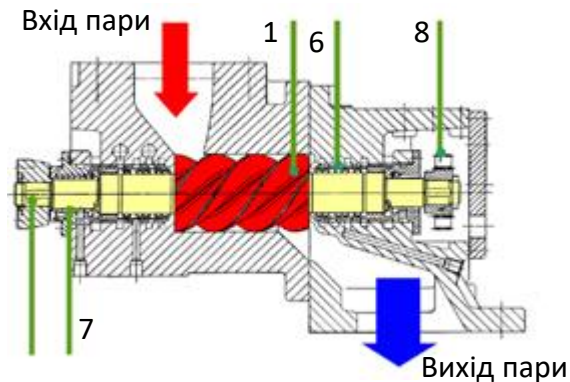
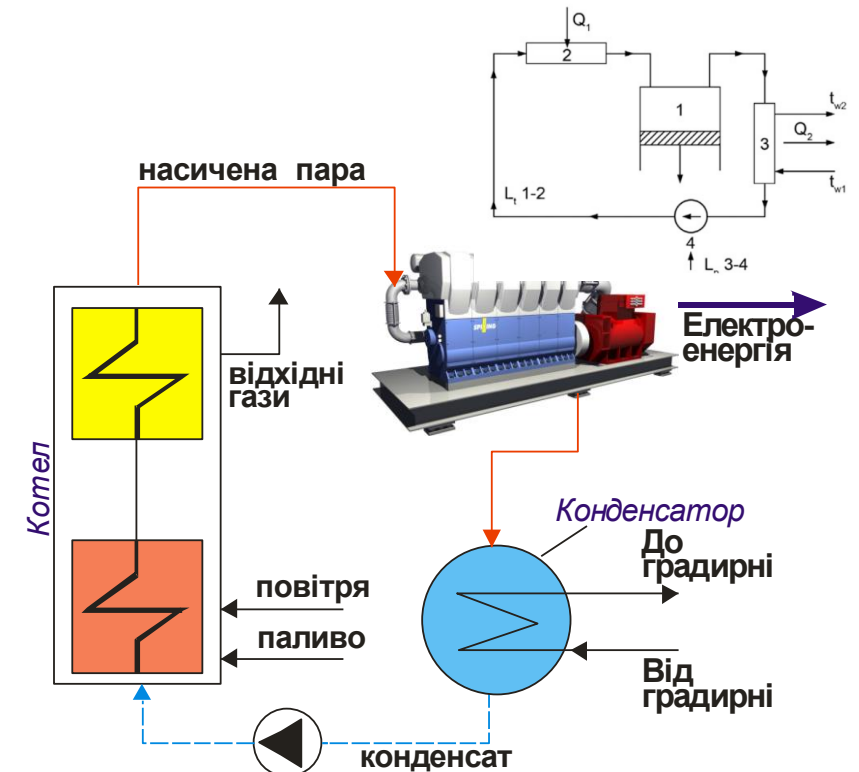


Схема установки з парогвинтовим двигуном. 1 — котел або теплообмінник для виробництва пари; 2 — насичена пара; 3 — парогвинтовий двигун; 4 — електрогенератор; 5 — конденсатор відпрацьованої пари; 6 — насос



Парогвинтовий двигун у розрізі. 1 — ведучий гвинт; 2 — ведений гвинт; 3 — вбудований маслонасос; 4 — редуктор; 5 — упорні підшипники; 6 — ущільнення; 7 — опорні підшипники; 8 — шестерні зв'язку

Схема установки з поршневим двигуном



- ❖ ККД 10 ...12%
- ❖ Пара перегріта або волога
- ❖ Тиск перед двигуном 6...60 бар
- ❖ Тиск після двигуна 1..6 бар
- ❖ Добре працює у всьому діапазоні навантажень
- ❖ Нечутлива до перепадів тиску свіжої пари
- ❖ Недолік - вібрація
- ❖ Встановлено понад 300 машин, з них 200 на малих ТЕЦ зі спалюванням біомаси

Виробництво електричної енергії, теплоносій- гаряче повітря

Схема установки з двигуном Стірлінга

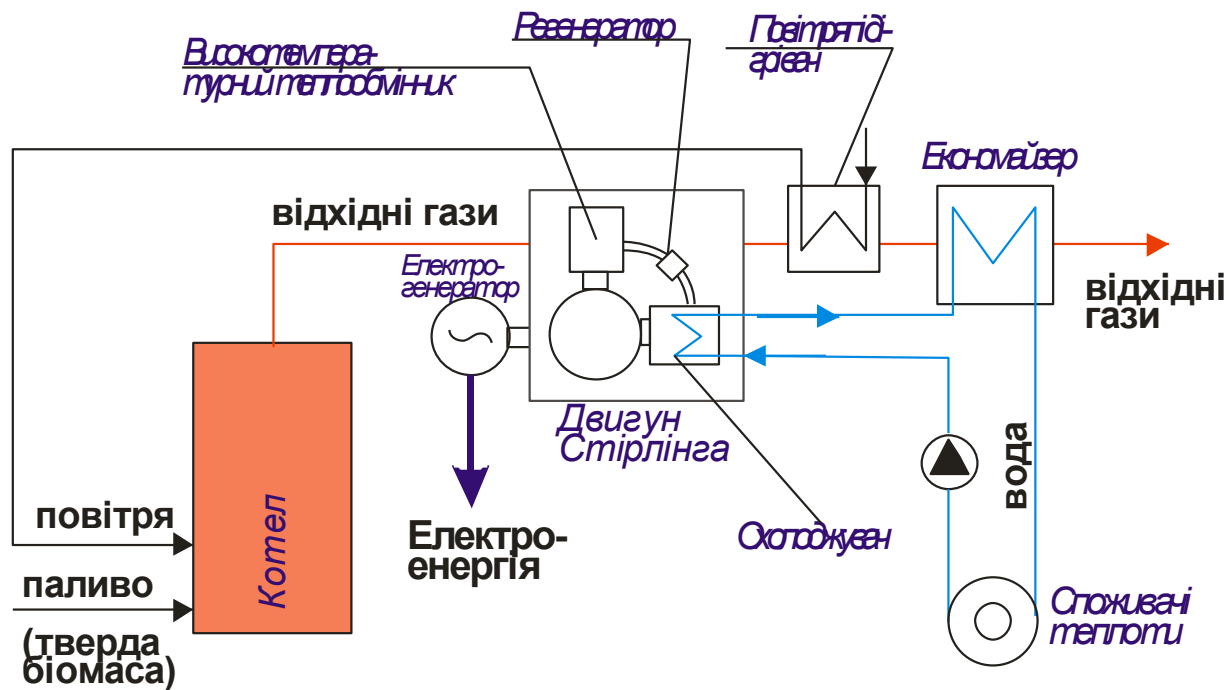
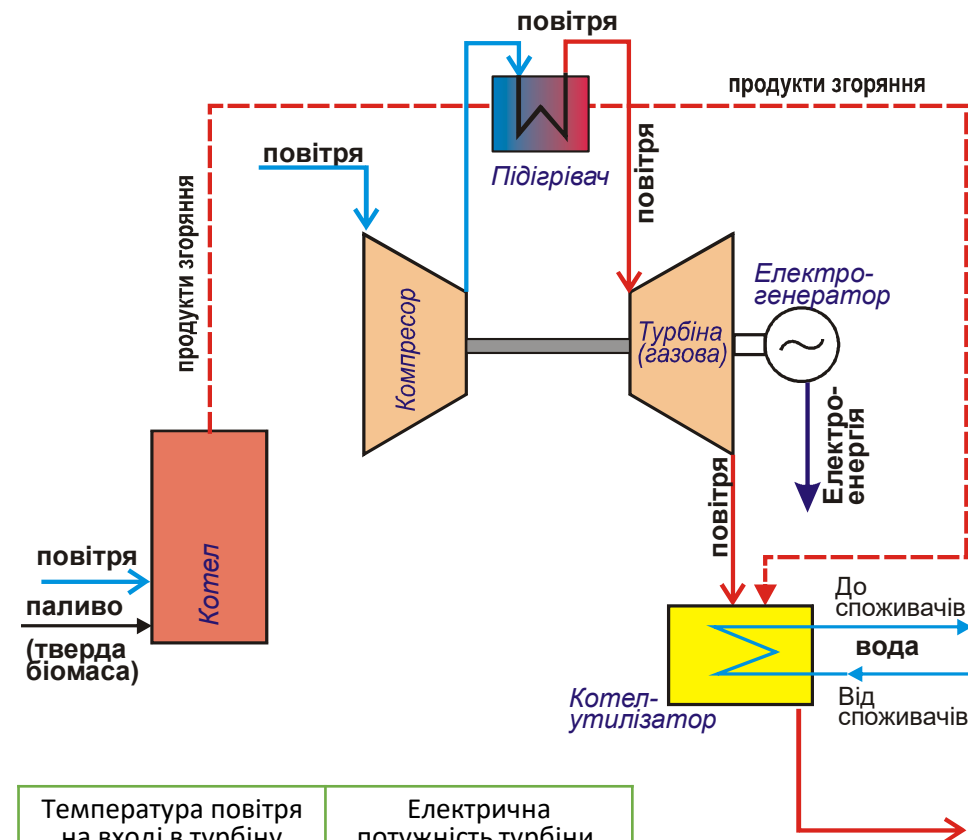


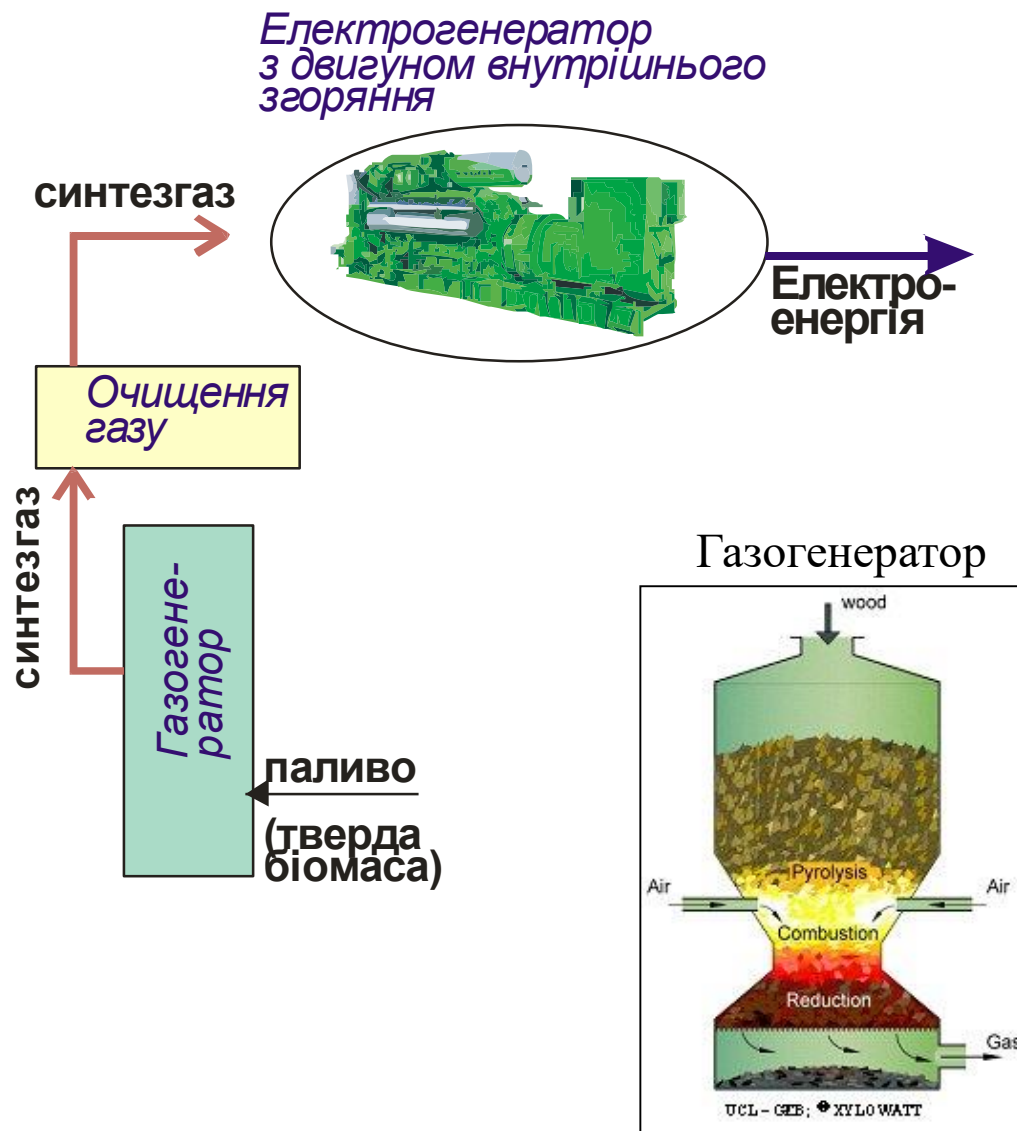
Схема установки з турбіною на гарячому повітрі



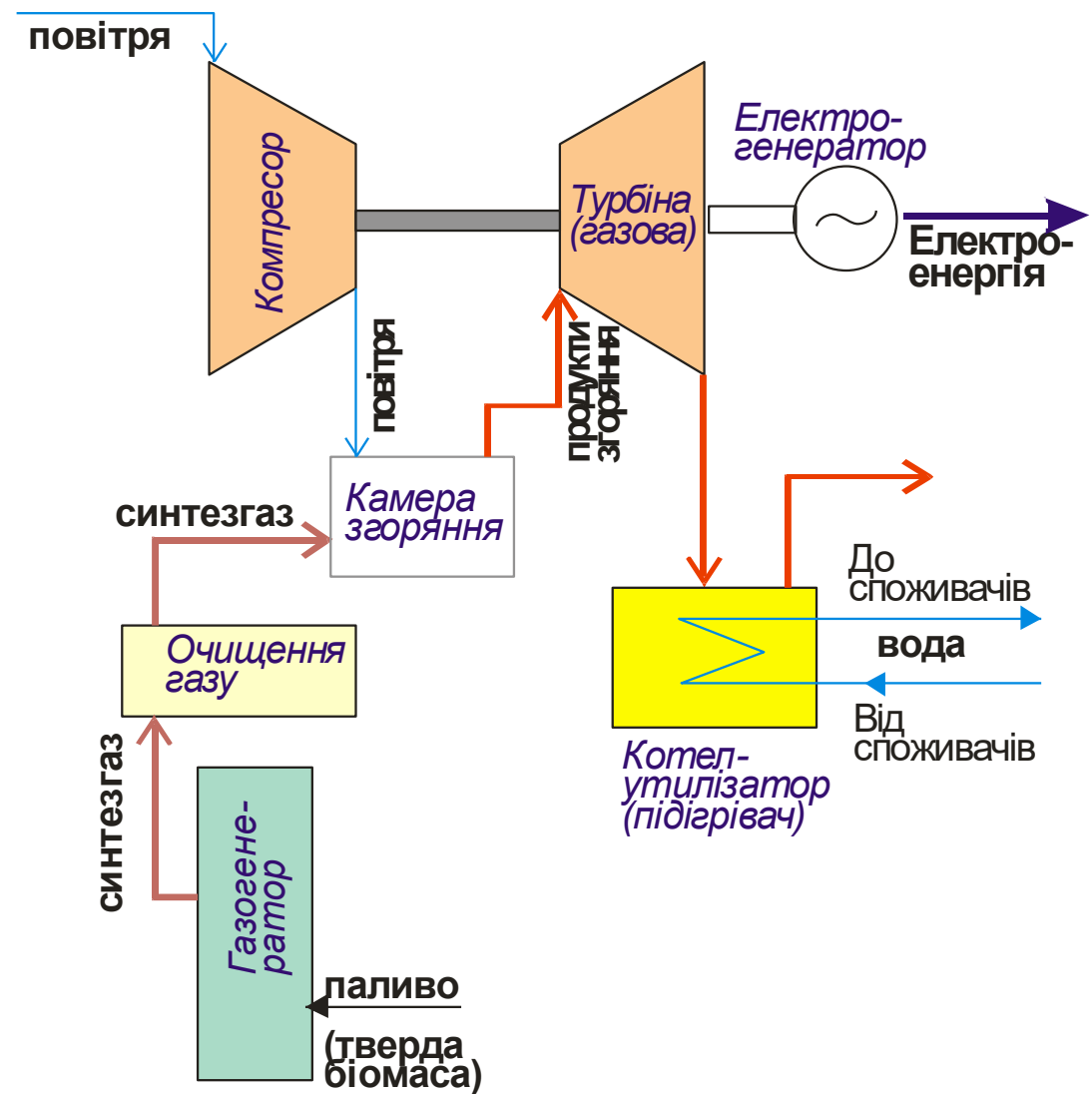
Температура повітря на вході в турбіну Nuovo Pignone PGT5	Електрична потужність турбіни, МВт
816°C	3.130
843°C	3.423
871°C	3.717
927°C	4.301
980°C	4.849

Виробництво електричної енергії – газовий цикл

Газифікація біомаси + ДВС

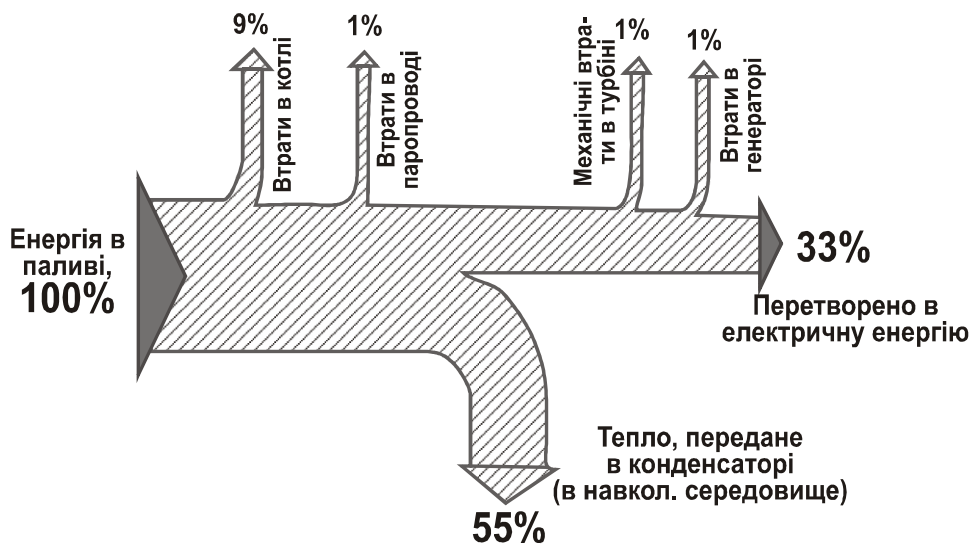
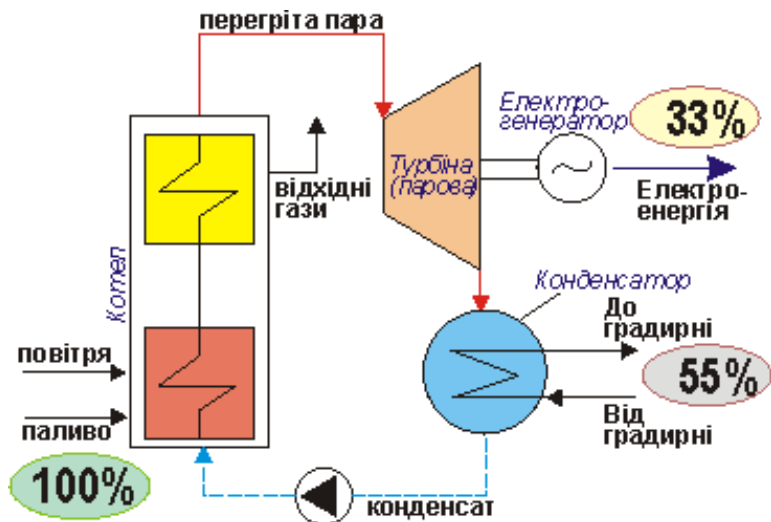


Газифікація біомаси + газова турбіна

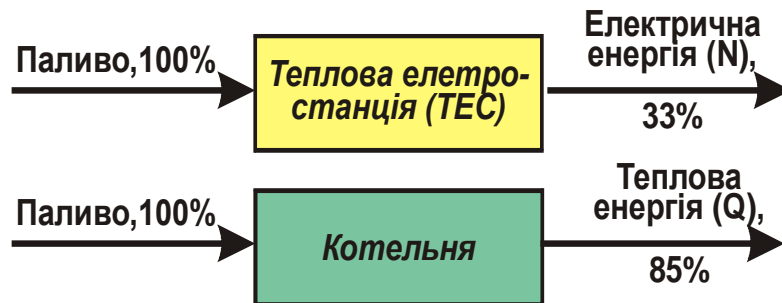


Переваги когенерації

Тепловий баланс конденсаційної ТЕС



Порівняння ефективності роздільного та комбінованого виробництва тепла та електроенергії



Коефіцієнт використання палива:

$$K = \frac{N+Q}{B \cdot Q_{\text{н.р}}} = \frac{33+85}{2 \cdot 100} = 0,59 \text{ (59\%)}$$

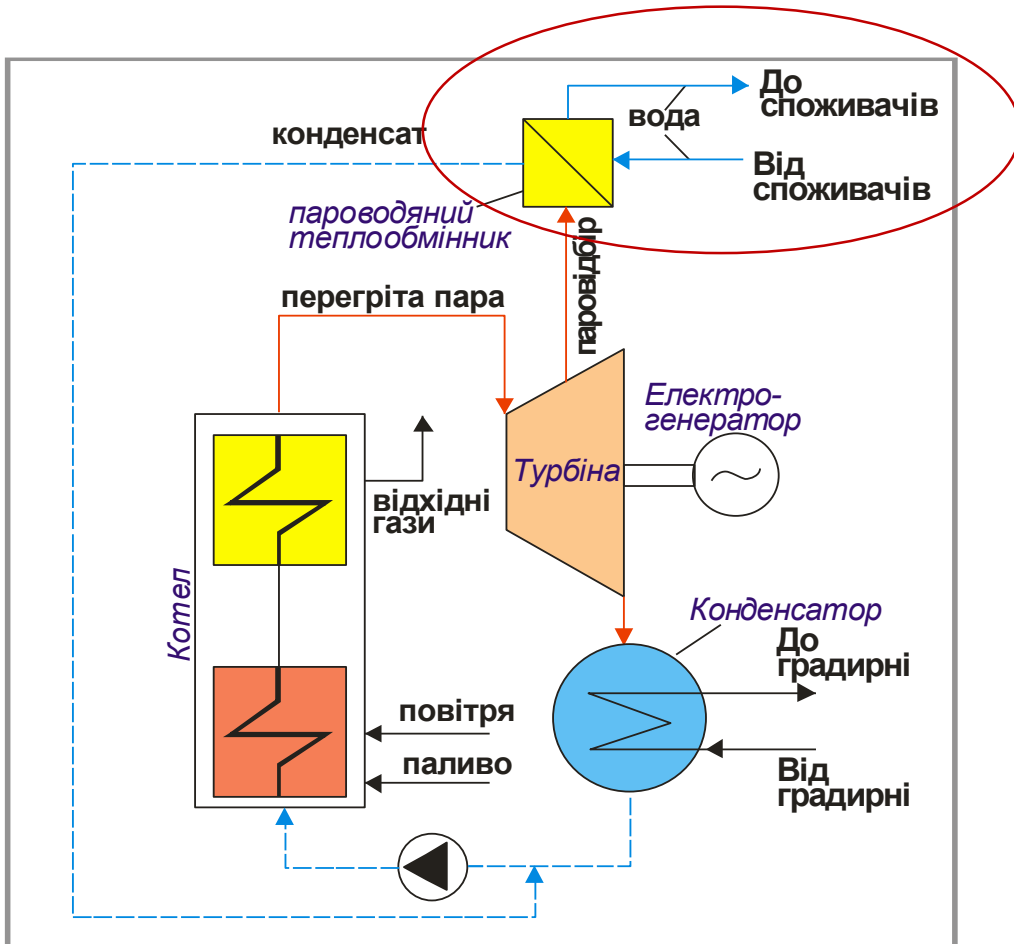


Коефіцієнт використання палива:

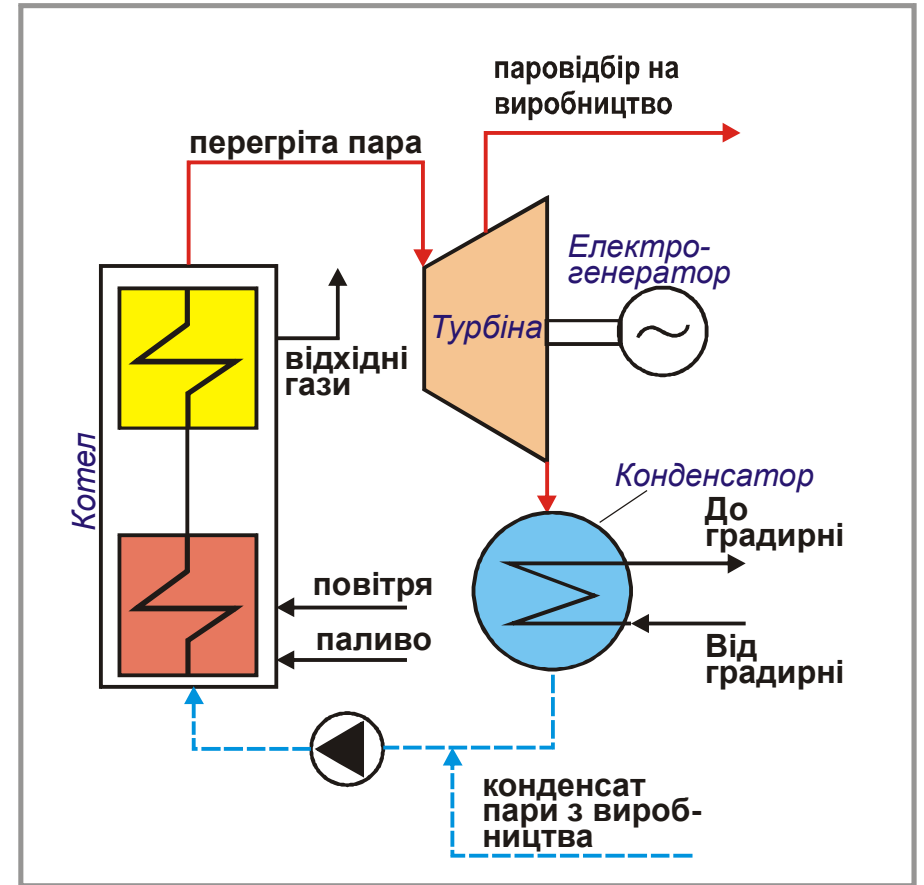
$$K = \frac{N+Q}{B \cdot Q_{\text{н.р}}} = \frac{28+55}{100} = 0,83 \text{ (83\%)}$$

Паротурбінні ТЕЦ на біомасі

Схеми ТЕЦ з конденсаційною турбіною



Опалювальна ТЕЦ

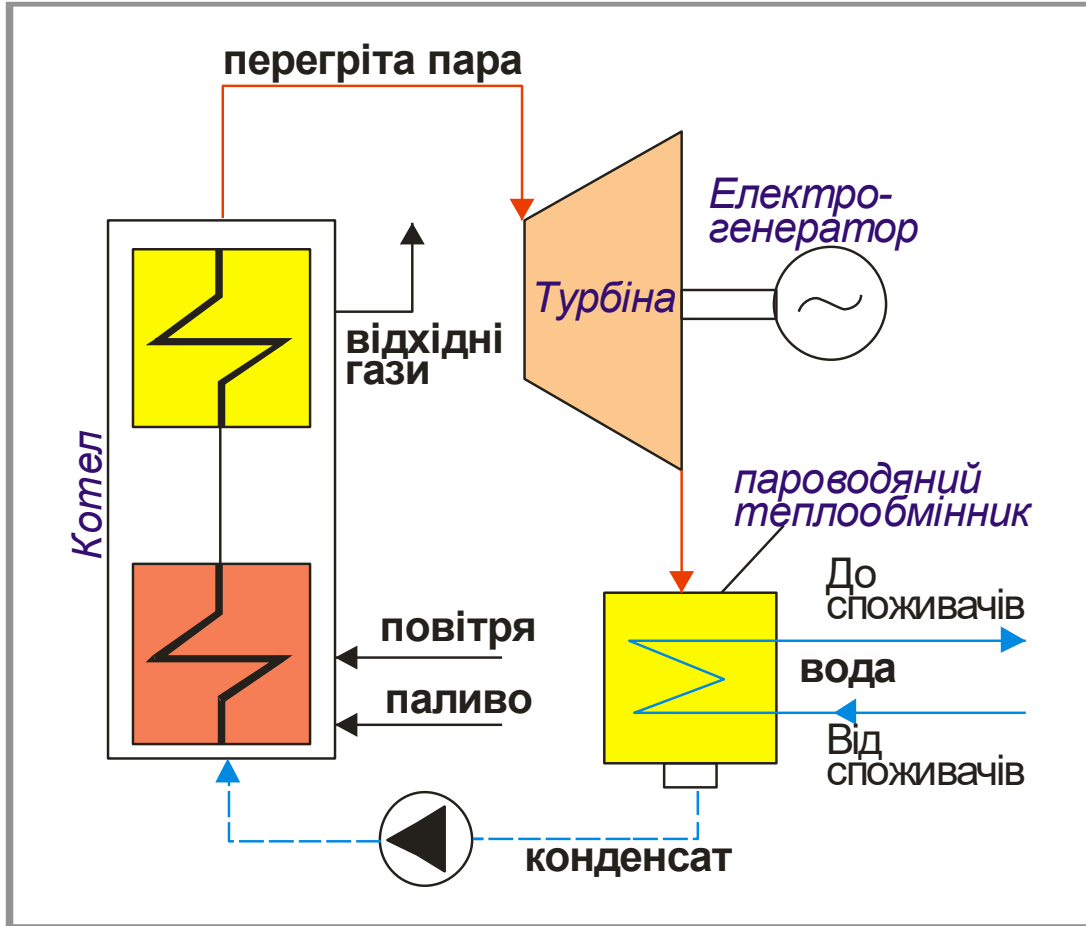


Виробнича ТЕЦ

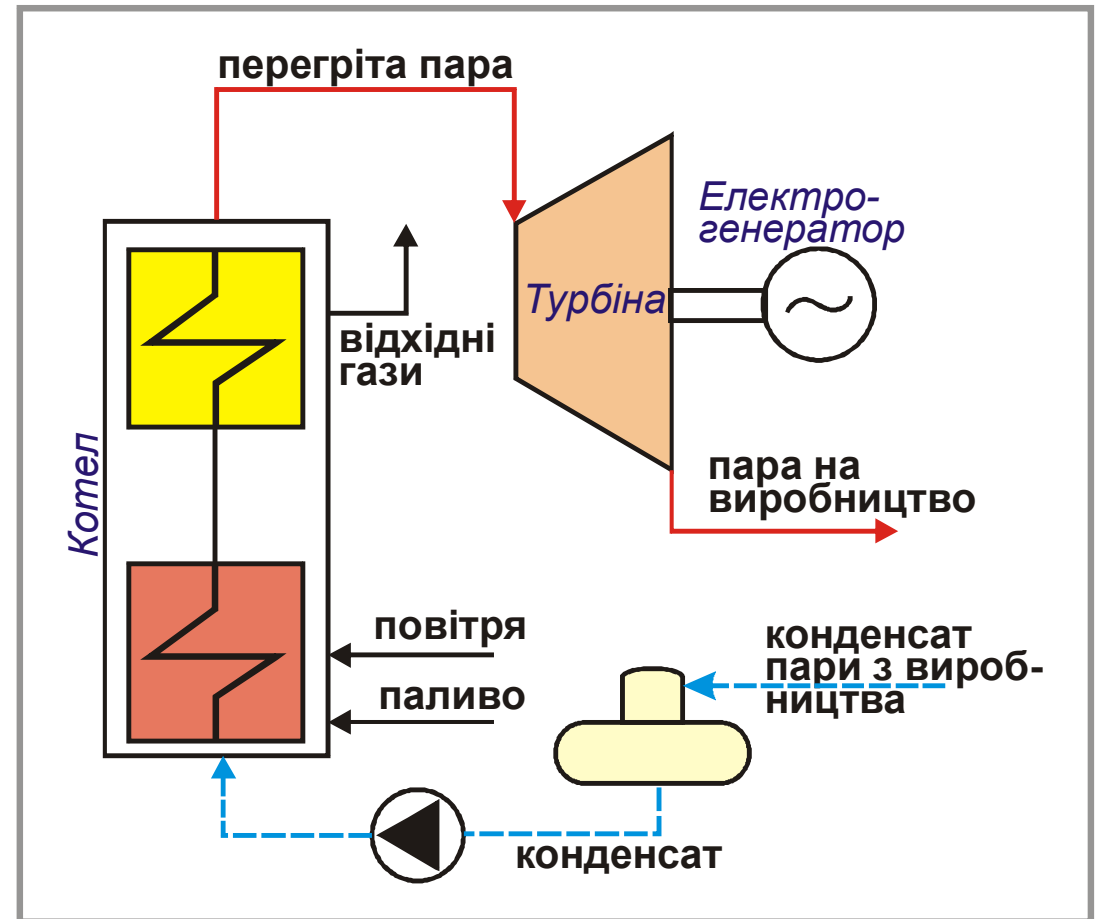
Працюють переважно за графіком електричних навантажень

Паротурбінні ТЕЦ на біомасі

Схеми ТЕЦ з протитисковою турбіною (якщо тиск відпрацьованої пари вище атмосферного- протитискова, якщо менше- з «погіршеним вакуумом»)



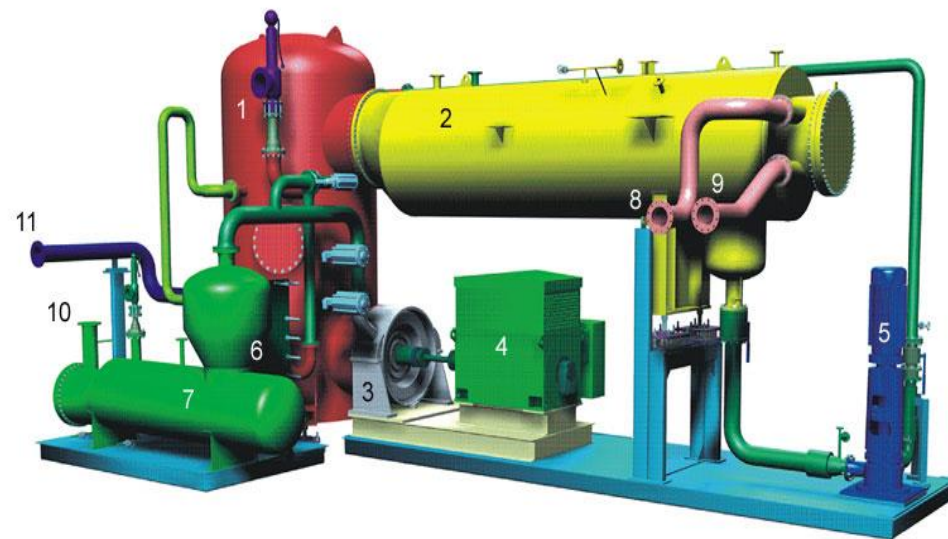
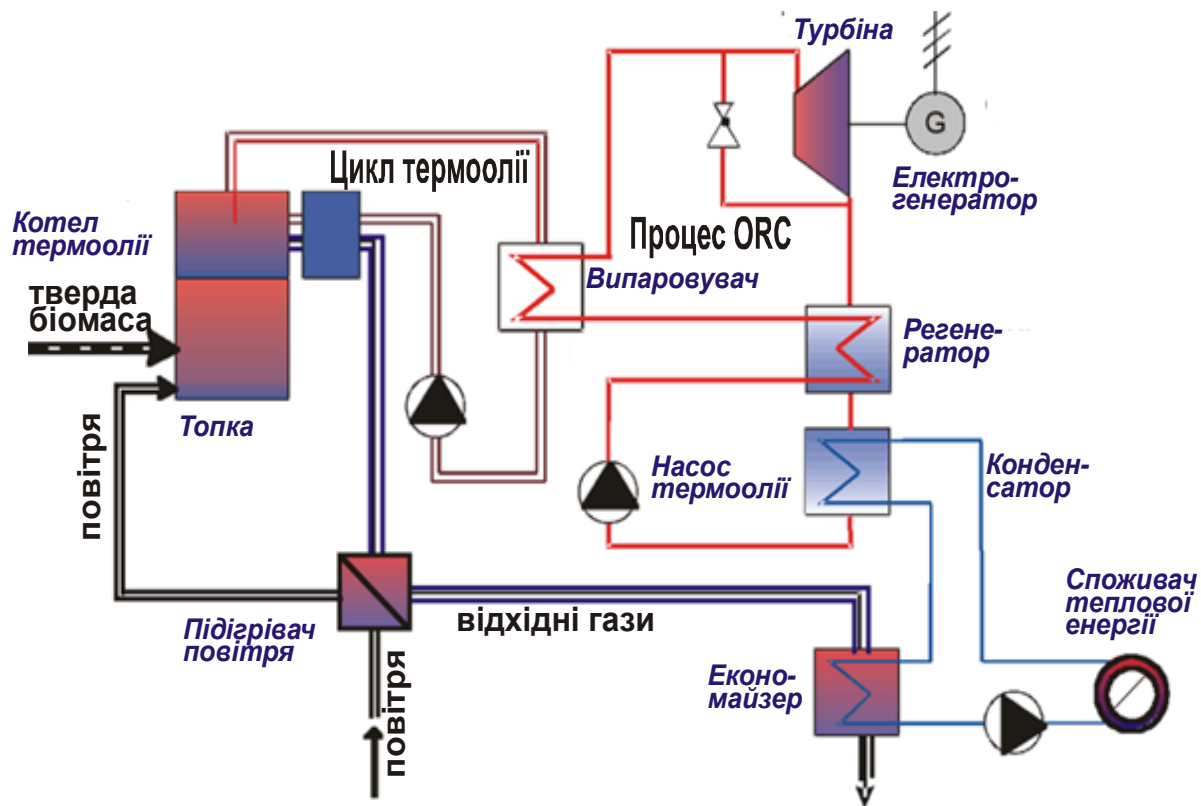
Опалювальна ТЕЦ



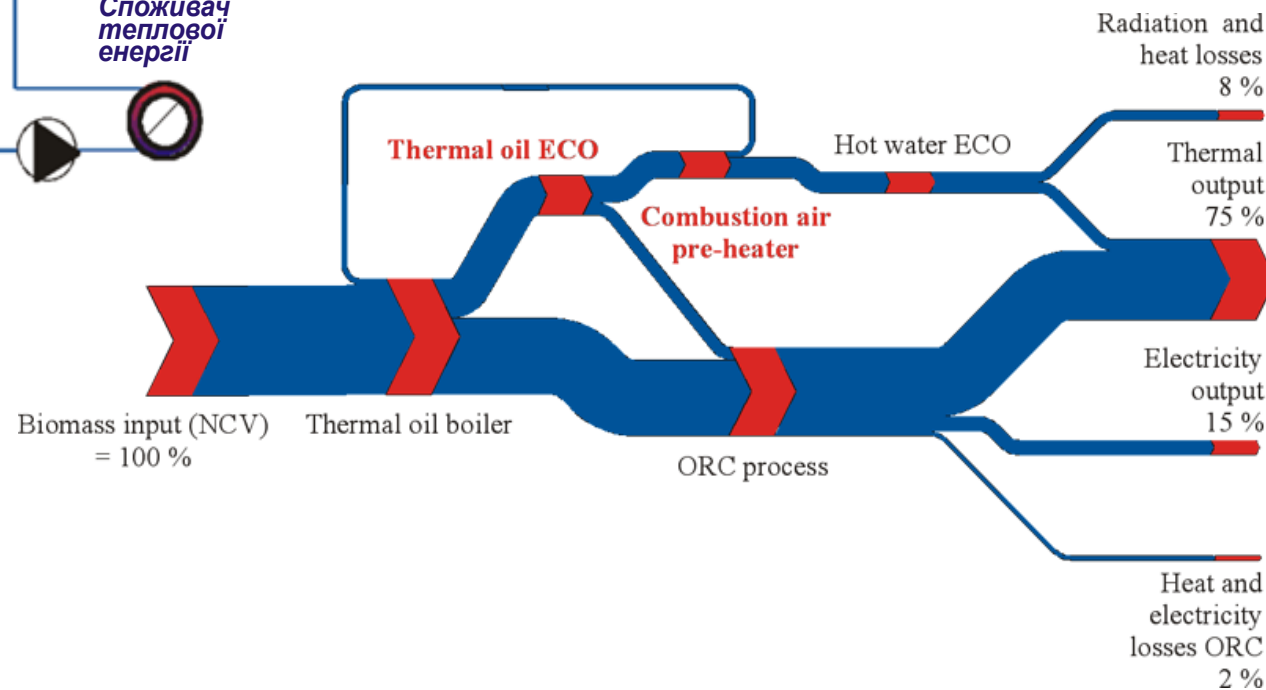
Виробнича ТЕЦ

Працюють переважно за графіком теплових навантажень

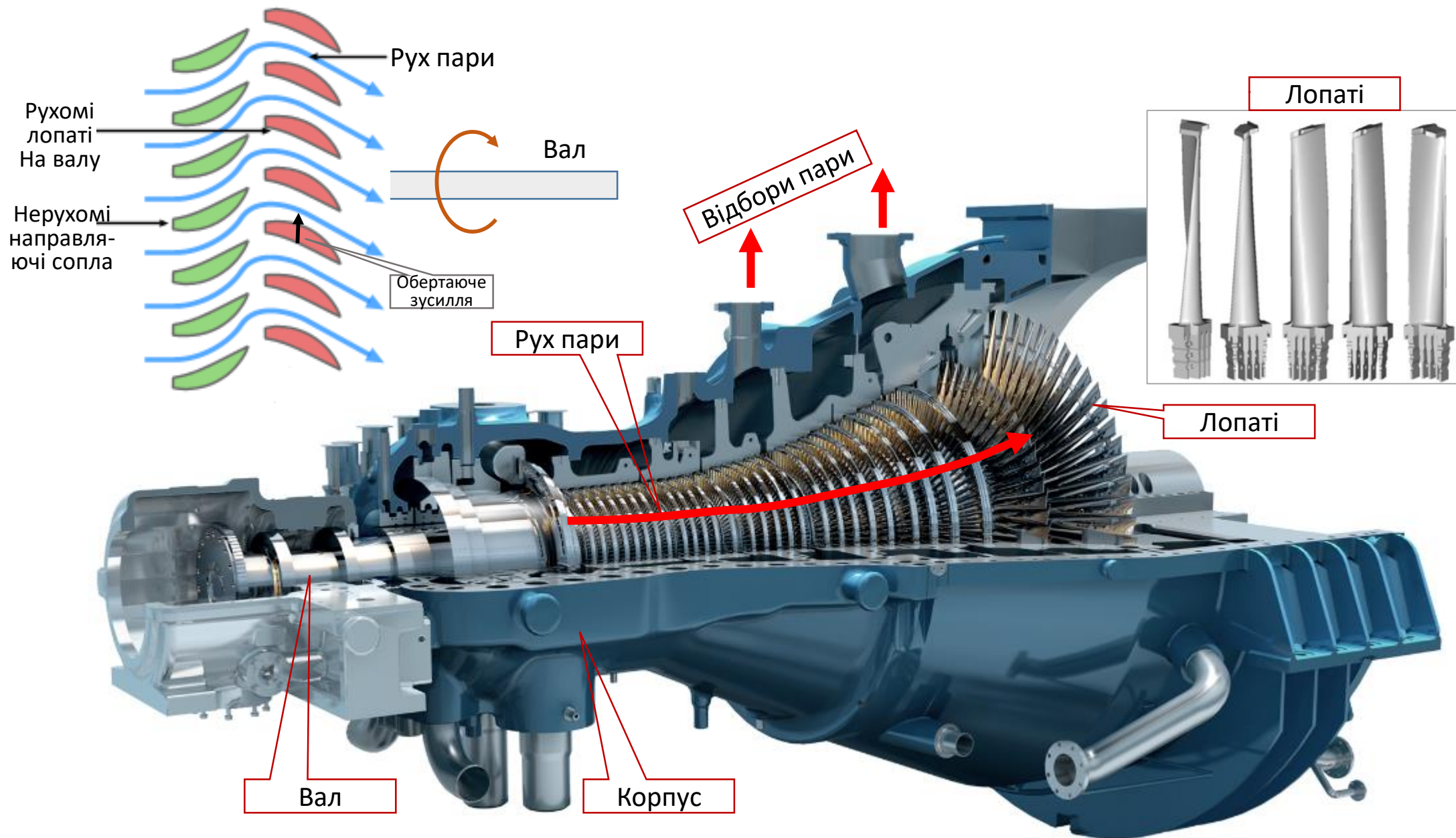
ТЕЦ з органічним циклом Ренкіна (ORC)



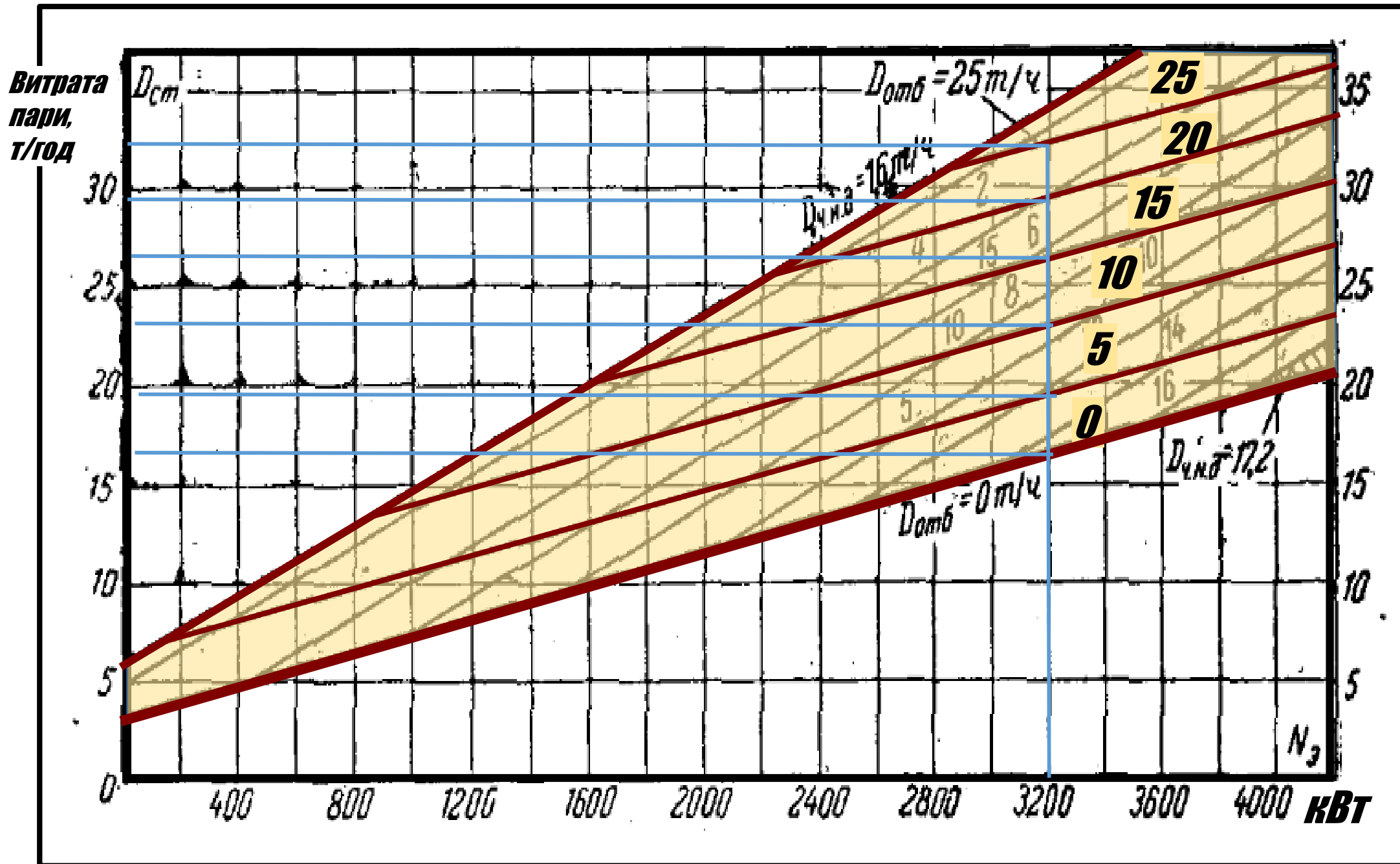
- ❖ Ел. потужність 300 ... 2000 (до 3000) кВт
- ❖ ККД 14 ... 18%
- ❖ У котлі нагрівання олії 300 °С
- ❖ Тиск олії - атмосферний
- ❖ Добре працює при часткових навантаженнях
- ❖ Може бути пожежонебезпечною



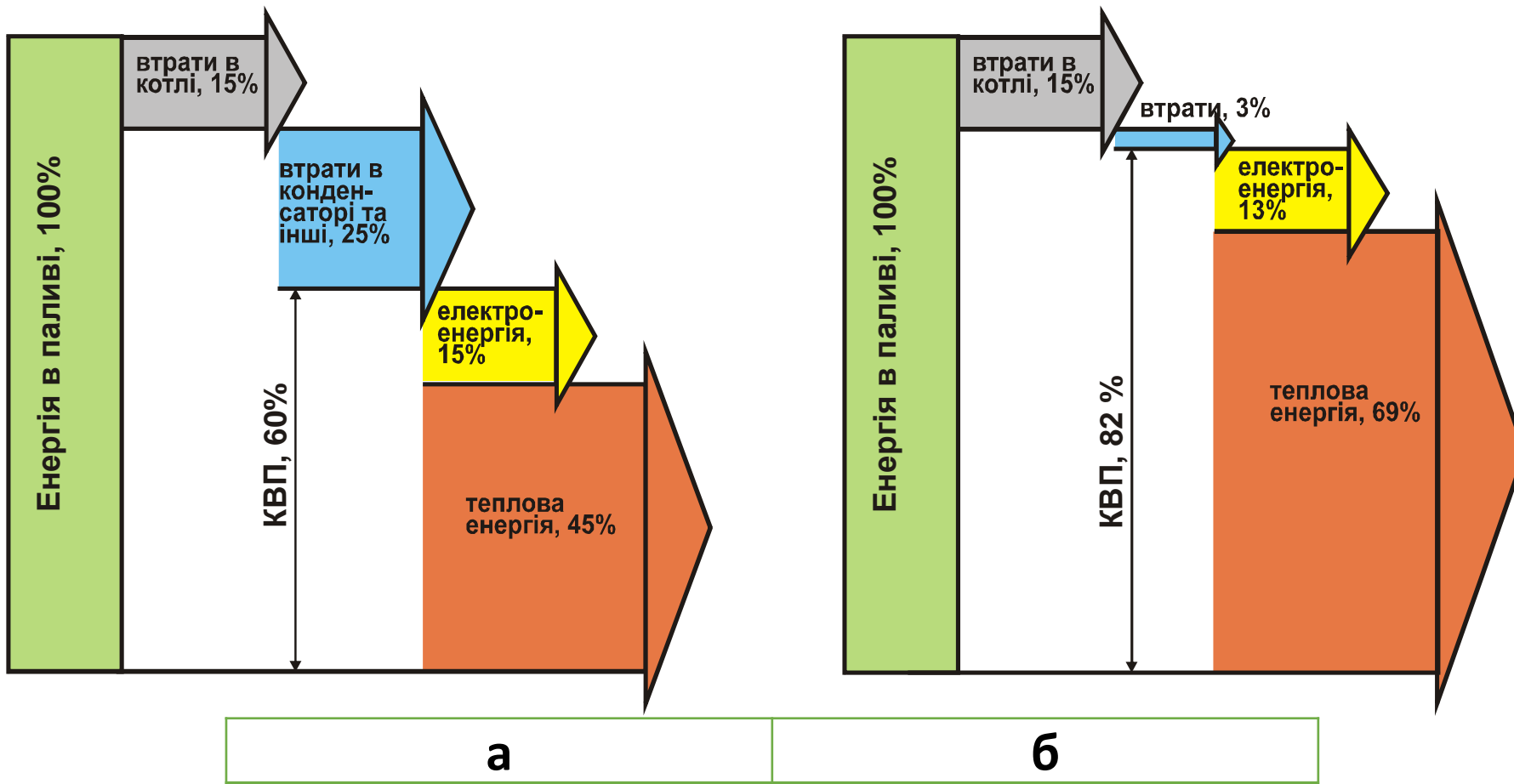
Принцип роботи парових турбін (на прикладі турбіни GE Steam Power <https://www.ge.com/>)



Приклад діаграми режимів конденсаційної турбіни з відбором



Розподіл виробництва теплової та електричної енергії



Розподіл виробництва теплової та електричної енергії для турбін з протитиском та конденсаційних турбін з відбором: *а* — конденсаційна турбіна з відбором, 3 МВт_е, $p_0=35$ кгс/см², $t_0=435$ °С, $p_{\text{відб}}=3$ кгс/см²; *б* — турбіна з протитиском, 3 МВт_е, $p_0=35$ кгс/см², $t_0=435$ °С, $p_{\text{прот}}=3$ кгс/см²

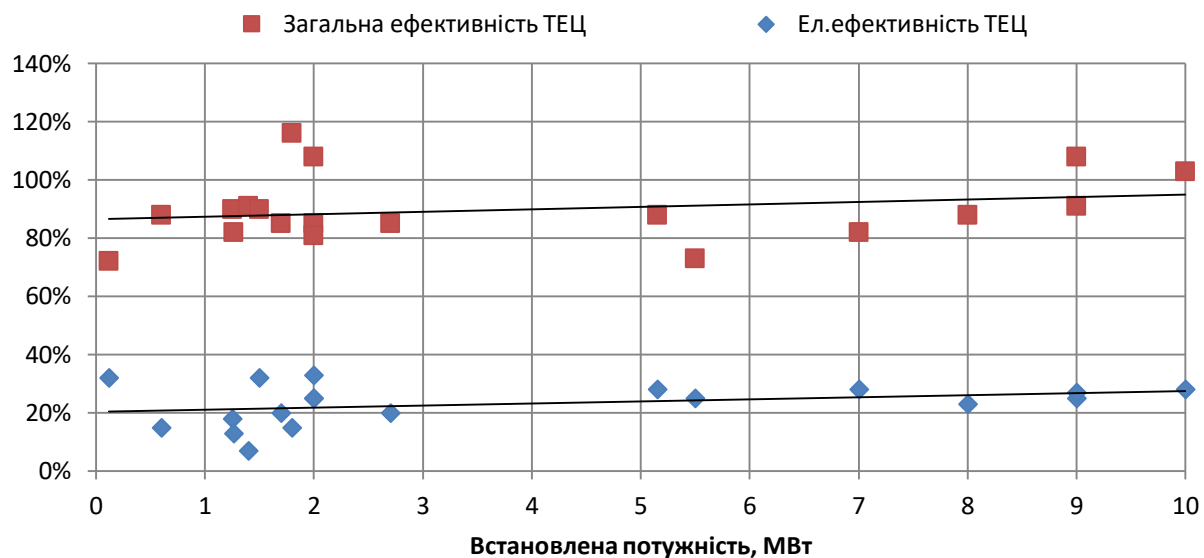
Переваги та недоліки найбільш розповсюджених технологій

	Переваги	Недоліки
ТЕЦ на базі турбіни з протитиском	<ul style="list-style-type: none"> • Простіша конструкція турбіни • Немає потреби в основному конденсаторі та відповідних витратах • Має вищий коефіцієнт використання палива 	<ul style="list-style-type: none"> • Виробництво електроенергії повністю залежить від теплового навантаження • Ефективне регулювання теплової та електричної потужності від турбіни можливе в межах 50 % від номінального значення
ТЕЦ на базі конденсаційної турбіни з відбором	<ul style="list-style-type: none"> • Більша гнучкість щодо теплових навантажень, що дає змогу вибирати електричну потужність виходячи з інших міркувань, наприклад можливості забезпечення паливом • Можливість працювати в неопалювальний період з мінімальним навантаженням (наприклад, на гаряче водопостачання) або суто в конденсаційному режимі 	<ul style="list-style-type: none"> • В середньому менший коефіцієнт використання палива
ОЦР порівняно з паровими циклами	<ul style="list-style-type: none"> • Більшість органічних рідин, що використовуються в установках ОЦР, не потребують перегріву • Турбіни ОЦР мають вищу ефективність при низькій потужності, ніж парові турбіни тієї самої потужності • Немає потреби в підготовці та контролі води в котлі • Менш складний монтаж, що полегшує реалізацію проєктів «з нуля» • Низькі витрати на технічне обслуговування, просте управління • Висока ефективність установки при частковому навантаженні • Тиск у системі значно нижчий, ніж у парових системах, тому правила безпеки менш суворі • Доступні турбіни невеликої потужності 	<ul style="list-style-type: none"> • Вода як робоча рідина дешева, тоді як робочі рідини для ОЦР можуть бути дуже дорогими або їх використання обмежене через екологічні причини • Менші можливості зміни співвідношення відпуску електричної та теплової енергії, ніж у паротурбінних установках

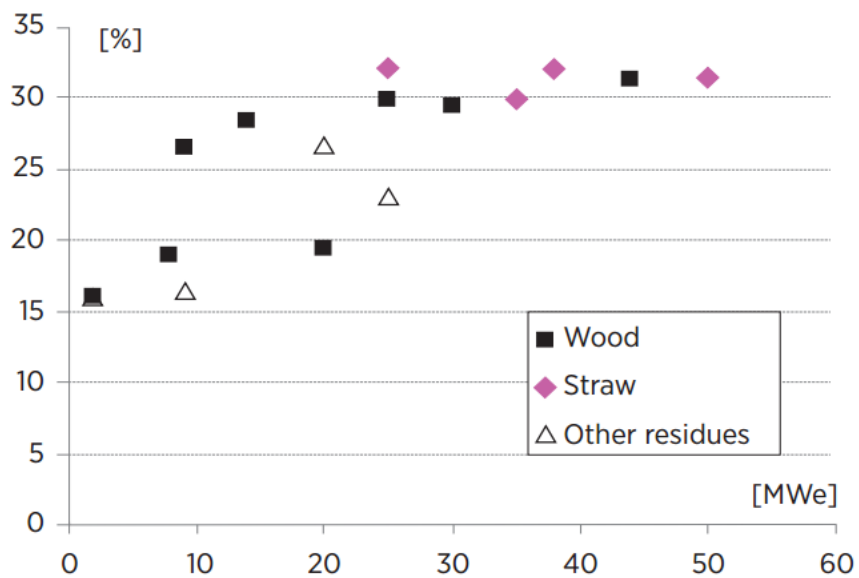
Галузі використання ТЕС та ТЕЦ на біомасі

Споживачі	Потреби	Види енергії, що виробляються		Технології та обладнання		Види палива
Централізоване теплопостачання	Опалення та гаряче водопостачання для потреб споживачів; виробництво електричної енергії	Теплова	Електрична (використання для виробничих потреб та постачання до електромереж)	Котли різних типів за принципом спалювання (отримання теплової енергії)	Когенерація (ТЕЦ) — паровий цикл, органічний цикл Ренкіна	Дрова, деревна тріска, тирса, гранули, брикети, тюкована солома, органічна частина ТПВ
Промисловий сектор та сільське господарство	Опалення; технологічні потреби; виробництво електричної енергії	Теплова для опалення та технологічних потреб		Котли та теплогенератори різних типів за принципом спалювання; сушарки; промислові печі; біогазові установки; газифікатори	Когенерація (ТЕЦ) на базі парових турбін або ДВЗ; або виробництво лише електроенергії (ТЕС)	Дрова, деревна тріска, гранули, брикети, тюкована солома, відходи виробництва; біогаз; синтез-газ

Ефективність ТЕЦ на біомасі

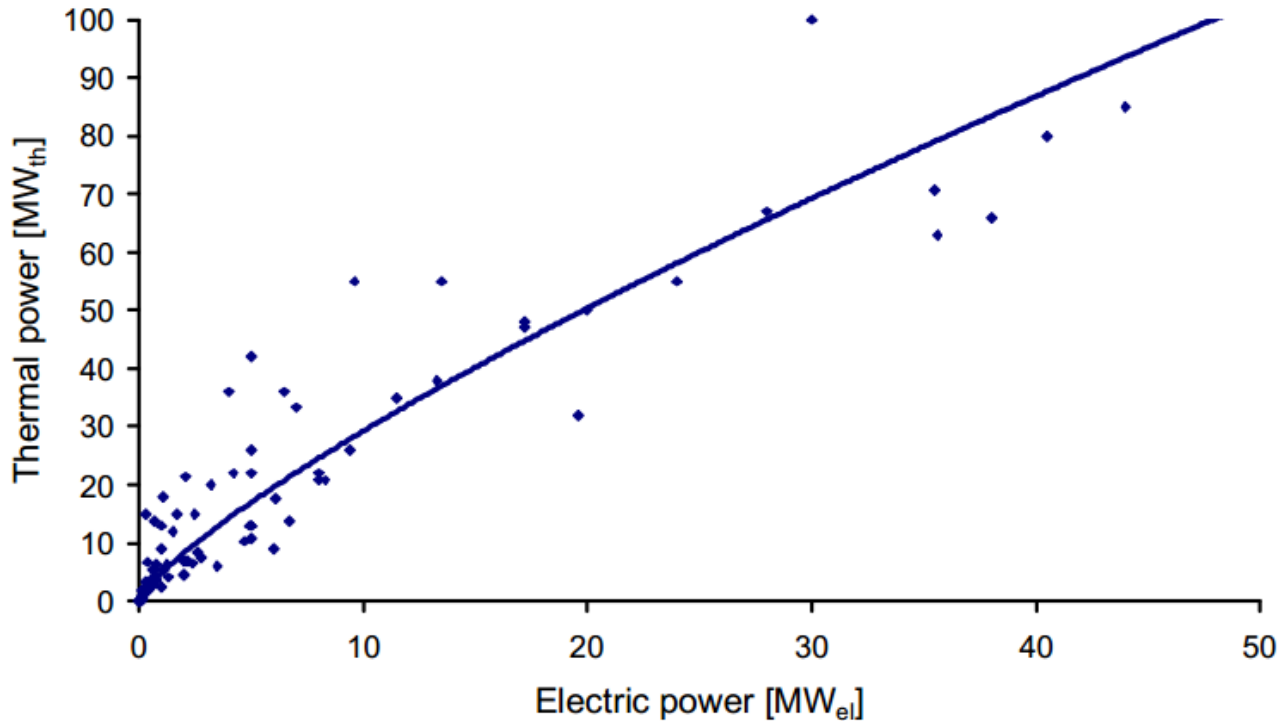


Електрична потужність і ефективність ТЕЦ на біомасі (до 10 МВт_e)



Електрична потужність і ефективність ТЕЦ на біомасі до 50 МВт_e

Співвідношення відпуску теплової та електричної енергії ТЕЦ на біомасі



Співвідношення відпуску теплової та електричної енергії ТЕЦ на біомасі (джерело: Schwaiger H., Jungmeier G. Overview of CHP plants in Europe and Life Cycle Assessment (LCA) of GHG emissions for Biomass and Fossil Fuel CHP Systems)

Типові співвідношення потреби в тепловій та електричній енергії для деяких галузей промисловості

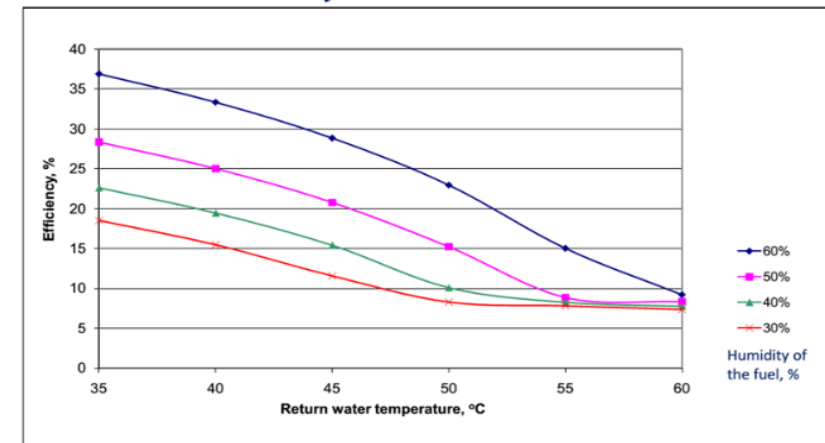
Галузь / підприємства	Мінімальне	Максимальне	Середнє
Броварні	1,1	4,5	3,1
Фармацевтичні	1,5	2,5	2,0
Виробництво добрив	0,8	3,0	2,0
Харчові	0,8	2,5	1,2
Картонно-паперові	1,5	2,5	1,9

Варіанти впровадження ТЕЦ на біомасі

- ❑ Будівництво нових ТЕЦ «з нуля»
- ❑ Переобладнання наявних парових котелень ТЕЦ або електростанцій на спалювання біомаси
- ❑ Переведення парових котелень у режим ТЕЦ з надбудовою паровою турбіною і переходом на спалювання біомаси
- Компенсація добової нерівномірності в теплоспоживанні, пов'язаної з нерівномірністю потреби в гарячому водопостачанні:
 - ❖ застосування бака-акумулятора нагрітої води: кількість води, необхідна для покриття потреби в пікові години споживання, нагрівається заздалегідь у нічні години, коли ця потреба найменша
 - ❖ застосування окремого теплогенеруючого обладнання: використанні для потреб ГВП окремого водогрійного котла на природному газі або рідкому викопному паливі, що здатен працювати в широкому діапазоні навантажень та швидко реагувати на їх зміну.
- Підвищення ефективності роботи ТЕЦ на біомасі в період відсутності навантажень теплопостачання: впровадження тригенерації.
- Конденсаційна утилізація теплоти димових газів:
 - ❖ актуально при роботі на паливі вологістю понад 30 %.
 - ❖ дозволяє підвищити ККД котлів до 105 % і зменшити кількість викидів твердих частинок та деяких інших забруднюючих речовин у димових газах
 - ❖ найкращих показників можна досягти при знижених температурних режимах теплової мережі
- Застосування теплових насосів для утилізації низькотемпературної теплоти (димових газів або охолоджуючої води з конденсаторів відпрацьованої пари)



Total efficiency of the economizer CEB



Підвищення ККД котлів при застосуванні конденсаційних економайзерів компанії ENERSTENA

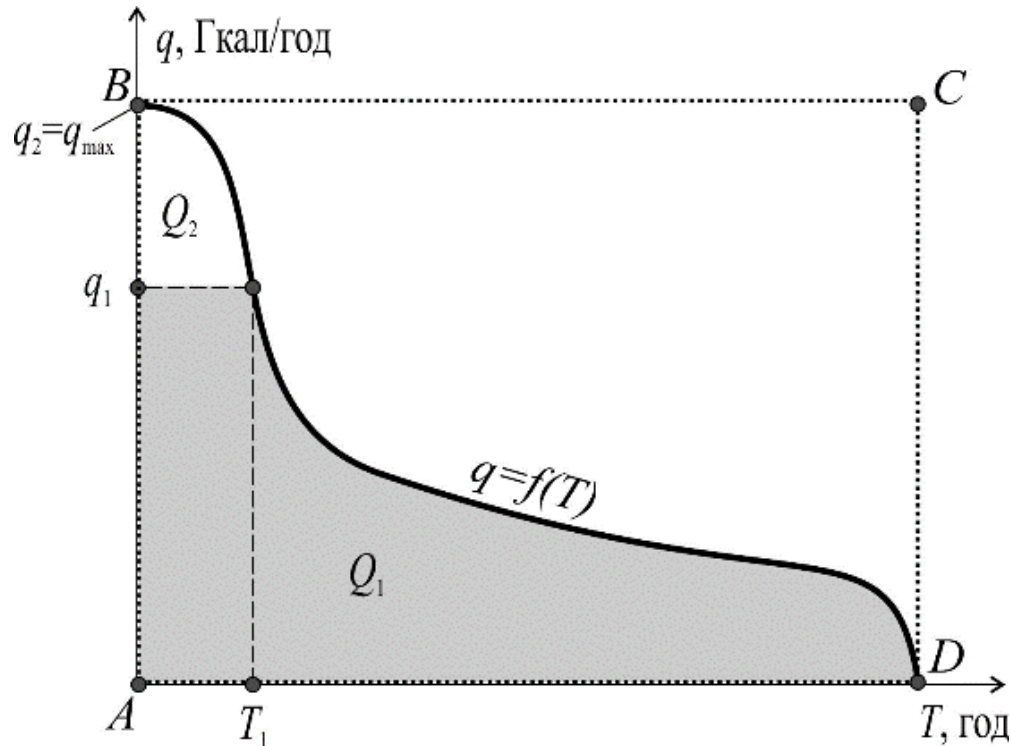
Варіанти впровадження ТЕЦ на біомасі

- **Вибір потужності енергогенеруючого обладнання- пріоритети щодо отримання теплової чи електричної енергії:**
 - ❖ При високій ціні електричної енергії: вироблення якомога більшої кількості електроенергії з одночасним забезпеченням необхідного теплового навантаження- максимально можливе співвідношення виробленої електричної та теплової енергії (підвищення параметрів перегрітої пари і, по можливості, використання для забезпечення теплових навантажень пари з паровідборів (або протитиску турбіни) якомога нижчого потенціалу). Можливі обмеження параметрів пари через властивості палива.
 - ❖ За наявності паливної біомаси в достатній кількості можлива організація комбінованого виробництва теплової та електричної енергії із забезпеченням повного покриття теплових навантажень з паровідборів турбіни, з постачанням виробленої електроенергії в електричну мережу.
 - ❖ Якщо кількість власної біомаси на підприємстві недостатня - закупівля додаткової кількості біомаси чи викопних палив для повного забезпечення роботи по електричному чи тепловому графіку.

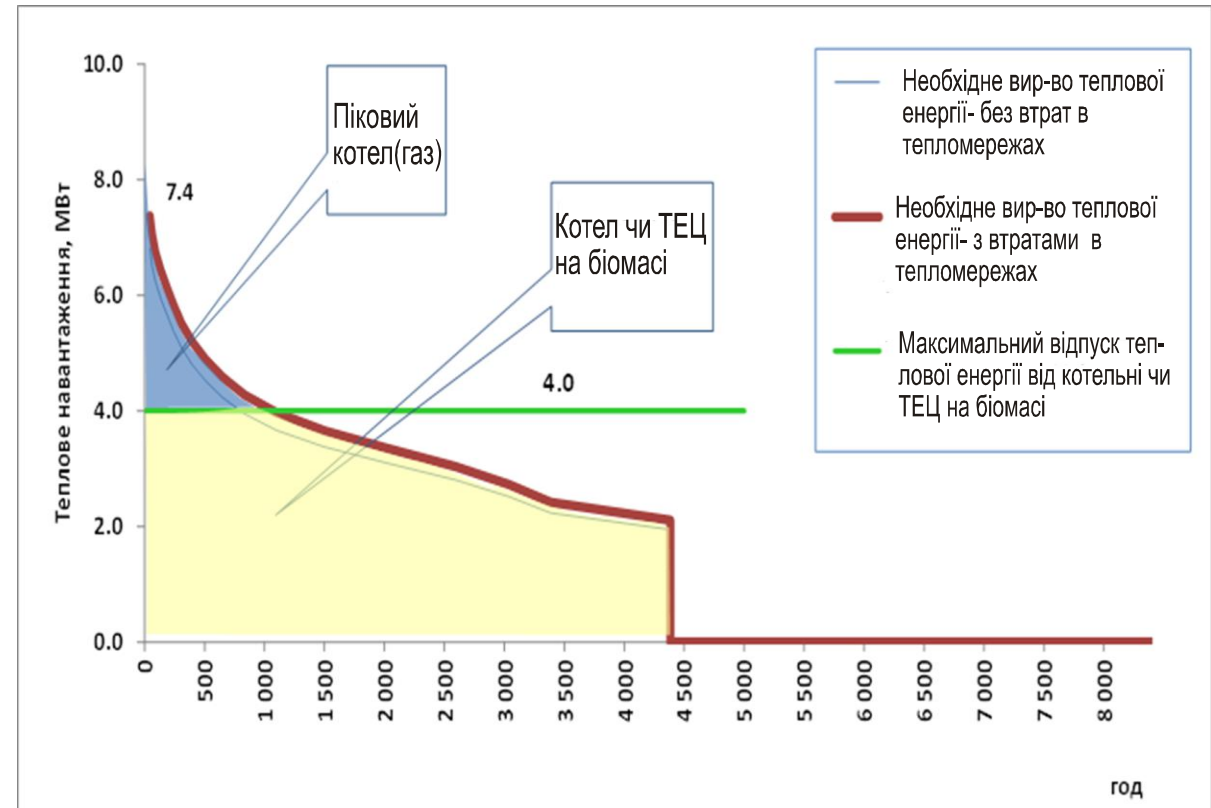
Особливості застосування ТЕЦ на біомасі в централізованому теплопостачанні

- ❖ нерівномірність навантажень протягом року;
- ❖ залежність від температури зовнішнього повітря.

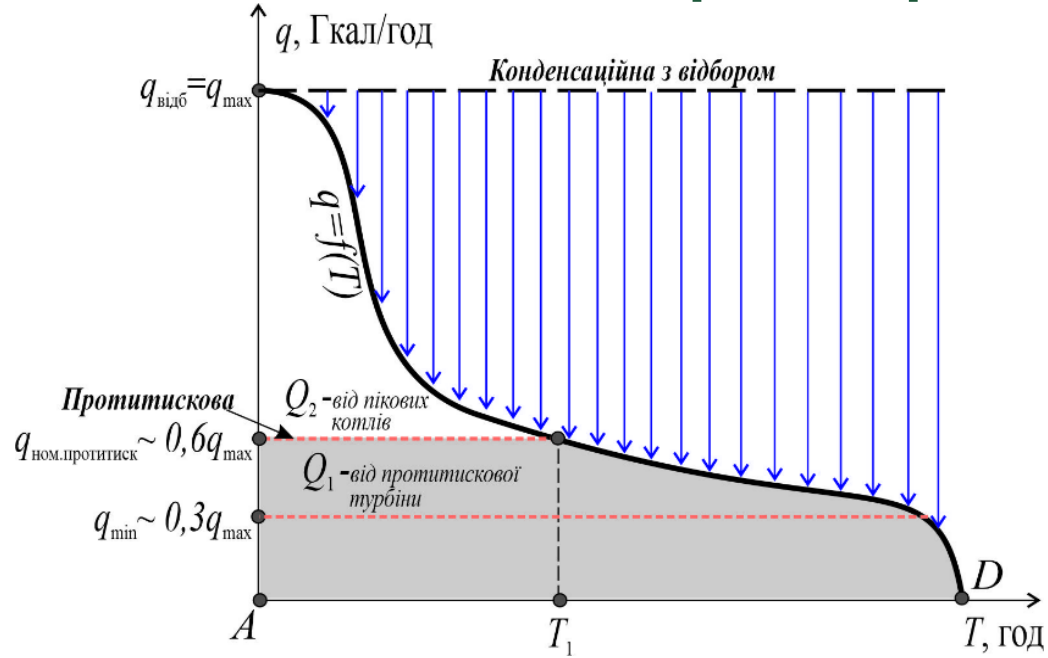
графік Росандера, або графік тривалості теплового навантаження



приклад розподілу навантажень між котлами на біомасі та газовими (піковими) котлами



Вибір варіантів впровадження- турбіна з протитиском, чи конденсаційна з відбором пари?

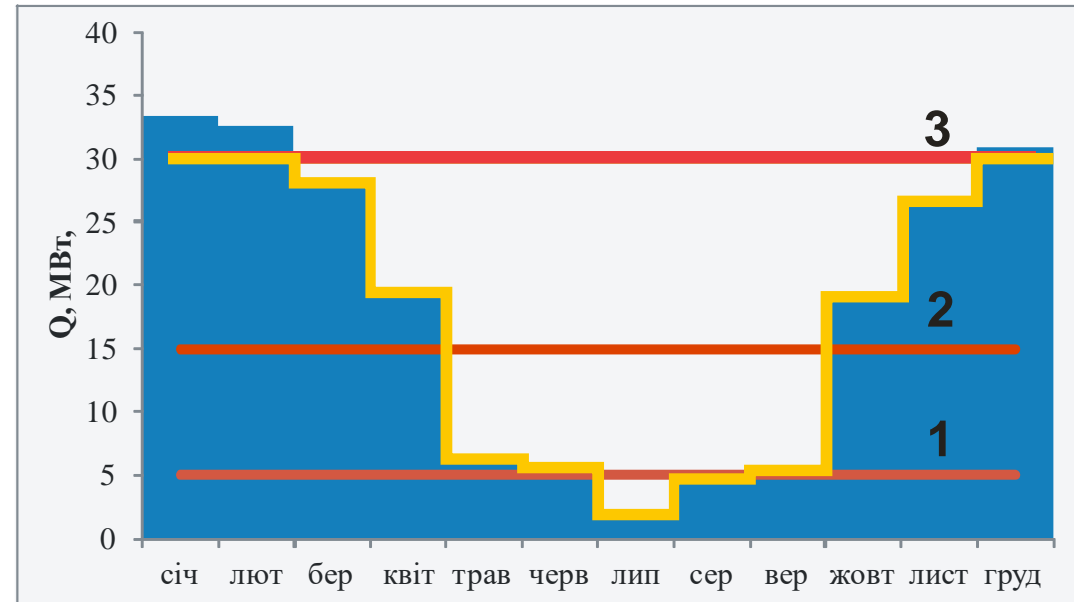


Впровадження в ЦТ (забезпечення теплових навантажень споживача):

- ❖ 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.

Фактори, що впливають на вибір варіанту турбіни:

- ❖ Максимальні та середні теплові навантаження, їх сезонність
- ❖ Питома вартість впровадження залежно від встановленої електричної потужності ТЕЦ
- ❖ Ціна паливної біомаси
- ❖ Співвідношення ринкових цін на теплову та електричну енергію, вироблену ТЕЦ
- ❖ Обмеженість можливостей постачання паливної біомаси в певному регіоні.





ТЕЦ і ТЕС на біомасі- приклади впровадження в Україні

ТЕЦ на біомасі в Україні

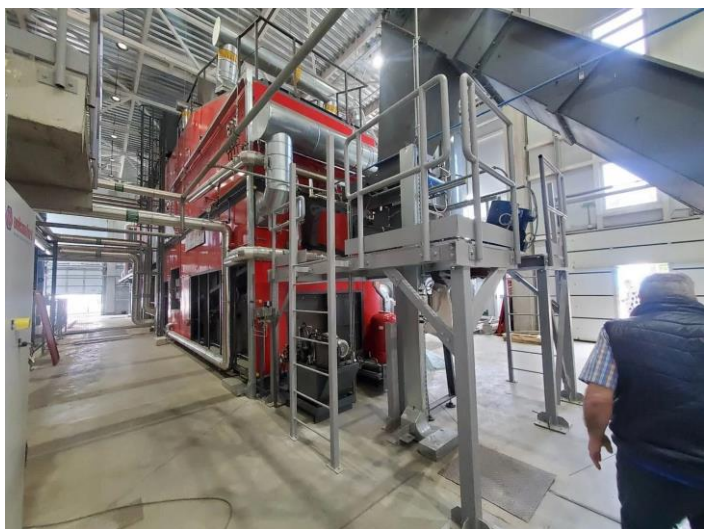


ТЕЦ в м.Сміла, 2010 рік (1 черга), 2016 р. (2 черга), 8,5 МВт(ел)+40 МВт(т). Паливо- деревна тріска.



ТЕЦ в м. Кам'янець-Подільський, 1,8 МВт(ел)+40 МВт(т), котел Крігер на термоолії + модуль ORC (Франція). Паливо- деревна тріска.

ТЕЦ на біомасі в Україні



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

ТЕЦ на біомасі в Україні



ТЕЦ на ПРАТ "Кропивницький ОЕЗ" групи КЕРНЕЛ. Встановлено паровий котел E-16-3,9-360 Д та парова турбіна PBS Velkobites (Чехія). В 2018 році поставлено додаткову парову турбіну 7 МВт



котли «Енергомашпроект»



ТЕЦ ТОВ "АПК "Євгройл", 5 МВт (ел), 10 МВт (тепл.).

Паливо- соняшника, лушпиння, деревна тріска

ТЕС на біомасі в Україні



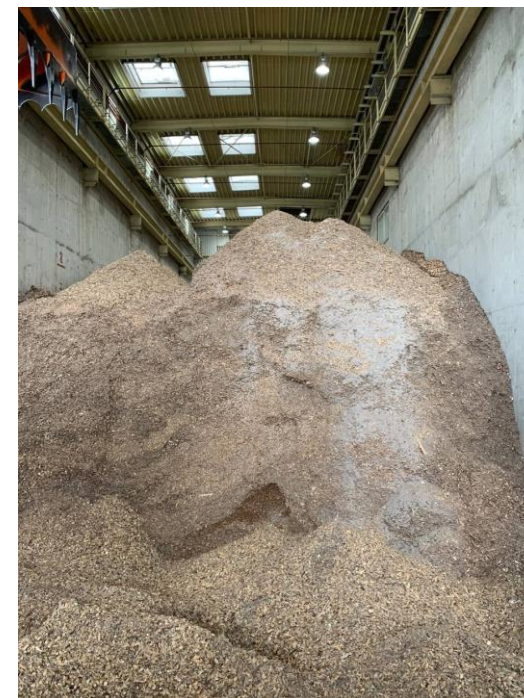
*ТЕС на біомасі в пгт Іванків, 18 МВт(ел).
Паливо -деревна тріска*

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

ТЕС на біомасі в Україні



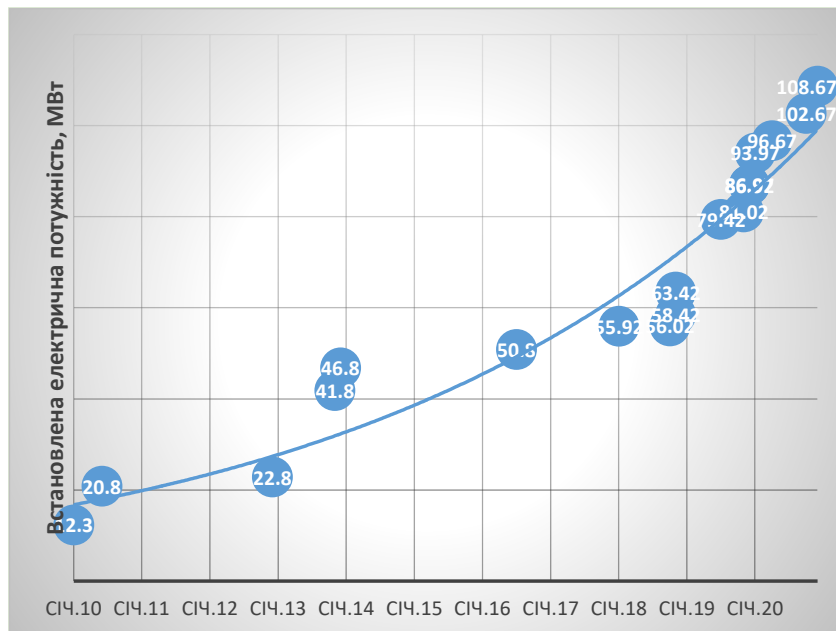
ТЕС «Аякс-Дніпро», 16 МВт(ел). Паливо- лушпиння соняшника



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

ТЕС і ТЕЦ на біомасі в Україні - статистика

Динаміка будівництва та введення в дію ТЕЦ та ТЕС на біомасі в Україні.



№	Назва об'єкту	Адреса	Вид палива	Потужність, МВт	Дата отримання ЗТ
1	ПРАТ «КРОПИВНИЦЬКИЙ ОЕЗ», ТЕЦ	м. Кропивницький	лушпиння	12,302	01.01.2010
2	ТОВ "Смілаенергопромтранс", ТЕЦ	Черкаська обл., м. Сміла	тріска	8,5	01.07.2010
3	ТОВ "Комбінат Каргілл", ТЕЦ	м. Донецьк,	лушпиння	2,0	27.12.2012
4	ТОВ «БІОГАЗЕНЕРГО», ТЕС	смт Іванків, Київська обл.,	тріска	19,0	28.11.2013
5	ТОВ "АПК "Євгроїл", ТЕЦ	м. Миколаїв	лушпиння	5,0	19.12.2013
6	ТОВ "Кліар Енерджі", Корюківська ТЕС	Чернігівська обл., м. Корюківка,	тріска	4	07.01.2016
7	ТОВ "Сінга Енерджіс", ТЕЦ, Миколаїв	Миколаївська обл., Березанський р-н, м.Березанка	тріска	5,1	30.01.2018
8	ФОП Пересадько Р.В., І-Франківська обл.	Івано-Франківська обл., Тлумацький р-н, с.Королівка	тріска	0,1	09.10.2018
9	ТОВ ЕПГ "Югенергопромтранс", ТЕС	м. Переяслав-Хмельницький,	тріска	5,0	30.11.2018
10	ТзОВ "Мебель-сервіс", ТЕЦ, Львівська обл. с. Полове	Львівська обл., Радехівський р-н, с.Полове	тріска	2,4	30.11.2018
11	"Біо-ТЕС", ТЕС	м. Рахів, Закарпатська обл., Біо-ТЕС	тріска	6,0	-
12	"К-Подільська ТЕЦ", ТЕЦ	Хмельницька обл., м. Кам'янець-Подільський	тріска	1,80	14.11.2019
13	ТОВ «АЯКС ДНІПРО» 1 черга ТЕС	м. Дніпро, вул. Байкальська	лушпиння	16,0	05.04.2019
14	ТОВ "ЕЙДЖІ ЕЛ ЕНЕРДЖІ", ТЕС	Харківська обл., смт Нова Водолага	лушпиння	7,0	17.01.2020
15	ТОВ "Поліська ТЕС", ТЕС	Житомирська обл., м. Овруч	тріска	5,9	13.12.2019
16	ФОП "Стельмащук Віра Дмитрівна"	Івано-Франківська обл., Надвірнянський р-н, смт Делятин	тріска	0,1	20.12.2019
17	ТОВ "ПГС-Енергія"	Запорізька обл., м. Запоріжжя	лушпиння	2,7	22.04.2020
18	ПРАТ "Поез-Кернел Груп"	м. Полтава	лушпиння	10,38	2.06.2021
19	ТОВ "Біо Електрик"	Хмельницька обл., Ізяславський р-н, с. Клубівка	тріска	6,0	13.10.2020
20	Придніпровська БіоТЕС	М. Токмак Запорізької обл	лушпиння	8,6	?
21	ТОВ "Українська Чорноморська Індустрія«, ТЕЦ	М. Чорноморськ, Одеська обл.	лушпиння	16	2021
22	ТОВ "Південь Біо Енерджі«, ТЕЦ	М. Миколаїв	лушпиння	3	2021
23	ТОВ Бандурський олійноекстракційний завод, ТЕЦ	Миколаївська обл, м.Бандурка	лушпиння	13,7	2021
24	ОЕЗ Потоки, ТЕЦ	М. Дніпро	лушпиння	16	?
				ВСЬОГО, МВт	176,6



ТЕЦ і ТЕС на біомасі- приклади впровадження в інших країнах

Найбільші електростанції на біомасі



IRONBRIDGE (Сполучене Королівство)

Місце встановлення: Северн-Гордж

Електрична потужність: 740 МВт

Паливо: деревні гранули

Рік введення в експлуатацію: 2013

(переобладнання колишньої вугільної станції потужністю 1000 МВт)



ALHOLMENS KRAFT (Фінляндія)

Місце встановлення: паперова фабрика UPM-Куммене в Альхольмені, Якобстад

Електрична потужність: 265 МВт. Теплова потужність: 100 МВт для фабрики + 60 МВт в ЦТ.

Паливо: відходи лісозаготівлі

Рік введення в експлуатацію: 2001



ROLANIEC (Польща)

Місце встановлення: м. Сташув

Електрична потужність: 205 МВт.

Паливо: різні види біомаси, в т.ч. до 20% агробіомаси (котел ЦКШ Foster Wheeler)

Рік введення в експлуатацію: 2013 (переобладнання колишньої вугільної станції)



KYMIJARVI I-II (Фінляндія)

Місце встановлення: м. Лахті, 100 км на північ від Гельсінкі.

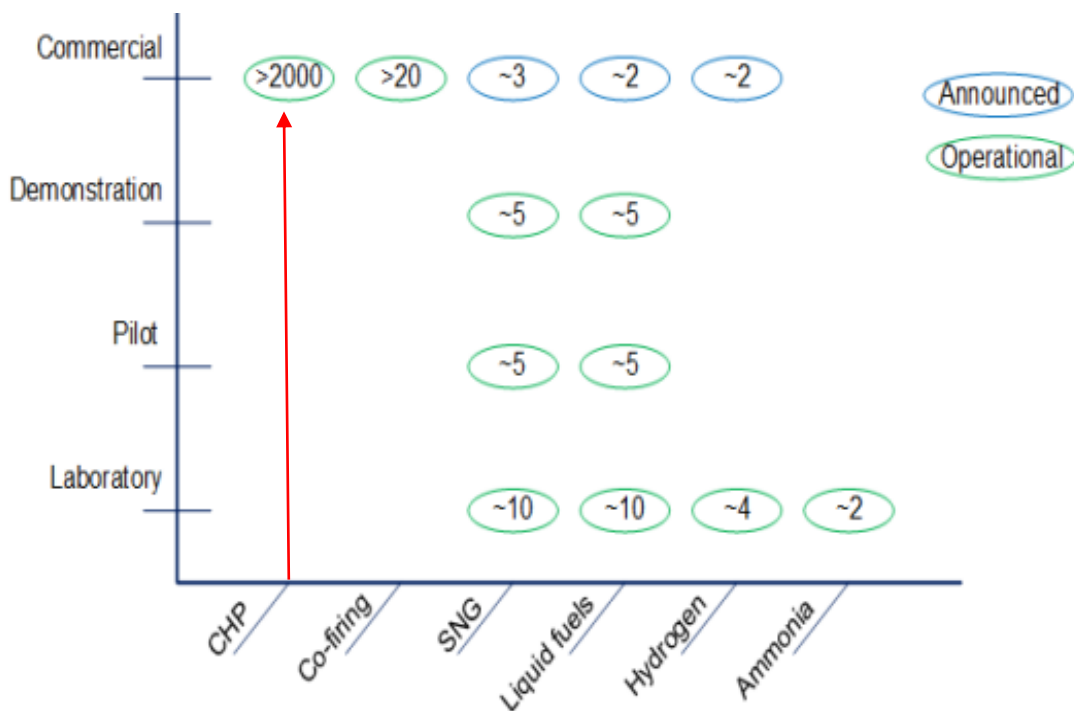
Електрична потужність: 160 МВт. Також виробляється 600 ГВт*год для ЦТ

Паливо: пластик, папір, картон, деревина (газифікація палива)

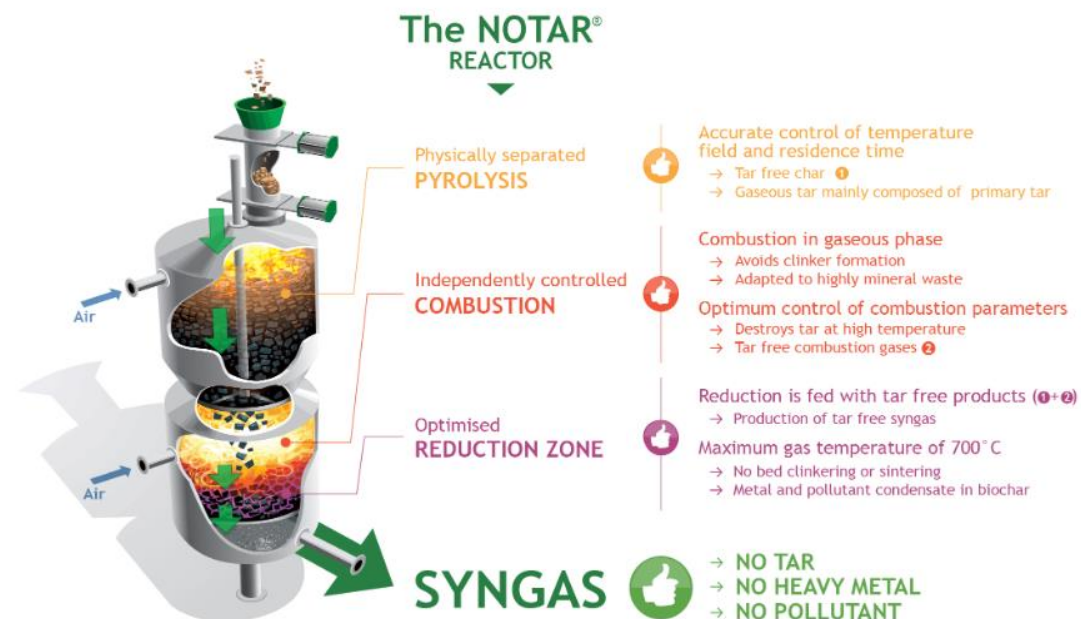
Рік введення в експлуатацію: 2012

ТЕЦ на основі газифікації біомаси

Кількість газифікаційних установок у світі (2021 р)

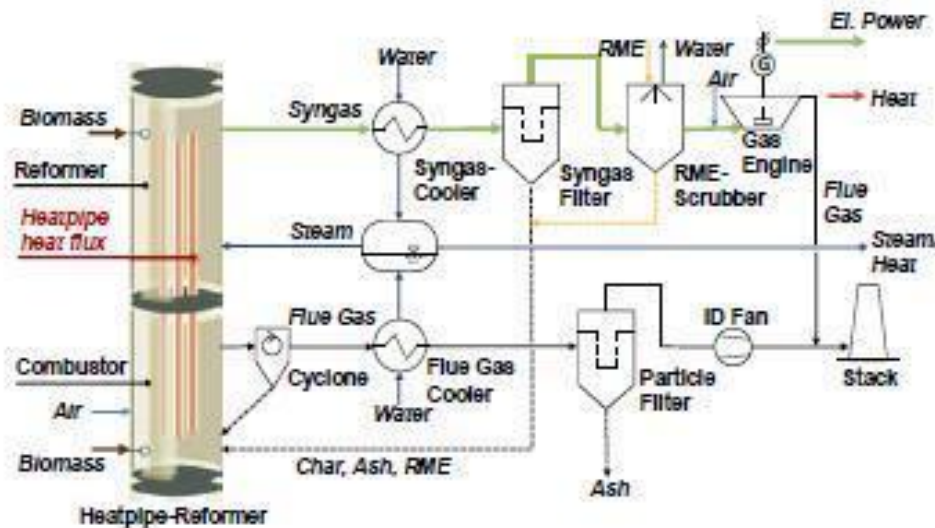


Приклад сучасної технології газифікації на прикладі установки NOTAR[®] компанії Xylowatt



За даними **Європейської біогазової асоціації**, у 2021 році по всій Європі працювало **понад 1700 ТЕЦ** на основі газифікації біомаси, більшість із них у Німеччині, Італії та Австрії. Відомими виробниками є Burkhardt GmbH, Spanner Re2 GmbH, SynCraft і Urbas. Ці типи газифікаційних установок здатні задовольнити потреби в енергії (електроенергії та тепла) лікарень, шкіл і готелів, вони також часто використовуються для централізованого опалення на підприємствах, де утворюється паливна сировина. Більшість із них є невеликими газифікаторами з потужністю до **500 кВт (ел) / 800 кВт (т)**. Є також кілька прикладів великих установок із середньою сумарною потужністю 5-6 МВт (наприклад, EQTEC).

ТЕЦ на основі газифікації біомаси



Назва проекту	CHP Agnion Biomasse Heizkraftwerk Pfaffenhofen
Власник проекту	Agnion Technologies GmbH
Статус	Оперативний
Початок роботи	2001 рік
Країна	Німеччина
Місто	Пфаффенхофен
Тип	Пілотний
Технології	ТЕЦ / ДВЗ-Синтезгаз
Сировина	Лікноцелюлозні культури
Вхід 1	Відходи деревини (80 000 т/рік)
Вихід 1	Тепло (28 МВт)
Вихід 2	Потужність (електрика) (6,1 МВт)
Короткий опис технології	Agnion Heatpipe-Reformer — це технологія газифікації, яка пропонує вирішення проблеми транспортування тепла за допомогою теплових трубок.

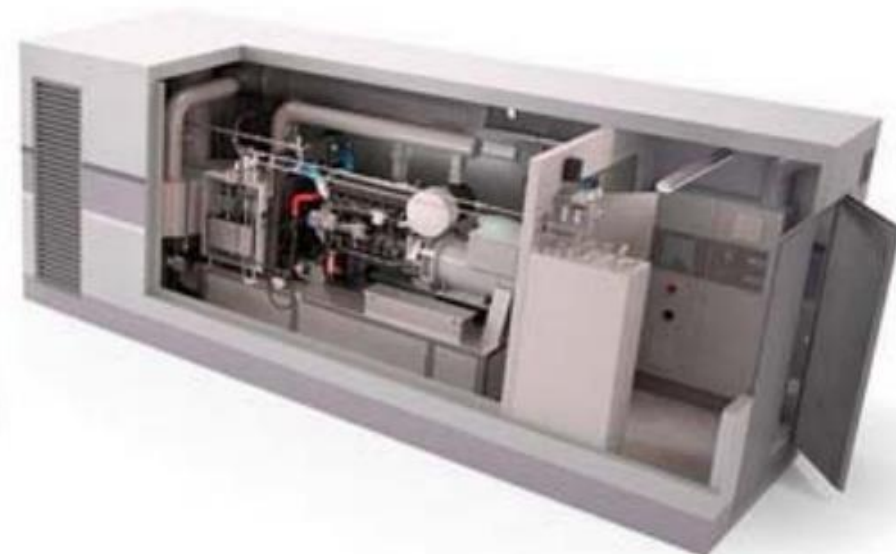
ТЕЦ на основі газифікації біомаси

Фінляндія, Кіміярві - II, 50 Мвт(ел), 90 МВт(т), паливо- SRF (перероблені промислові відходи)



ТЕЦ на основі газифікації біомаси

Назва проекту	Pelletvergasser AEW Rheinfelden
Власник проекту	AEW Energie AG
Статус	оперативний
Старт експлуатації	2018 рік
Країна	Швейцарія
Місто	Рейнфельден
Тип	Комерційний
технології	Електроенергія/ТЕЦ
Вхід 1	Деревні гранули (110 кг/год)
Вихід 1	Потужність (електрика) (0,165 МВт)
Вихід 2	Тепло (0,26 МВтт)
Вивести додаткову інформацію	Когенераційна установка 0,165 МВт + 0,26 МВт·год для ЦТ
Короткий опис технології	Газифікатор пелет Burkhartdт CHP (з киплячим шаром у співнаправленому потоці)



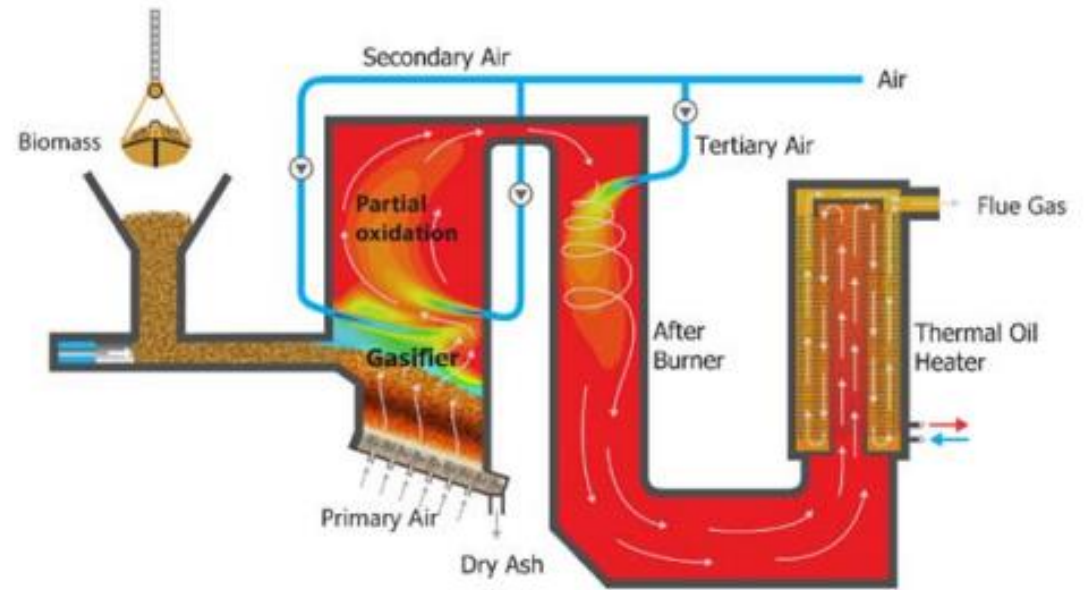
ТЕЦ на основі газифікації біомаси

Всього- близько 90 установок

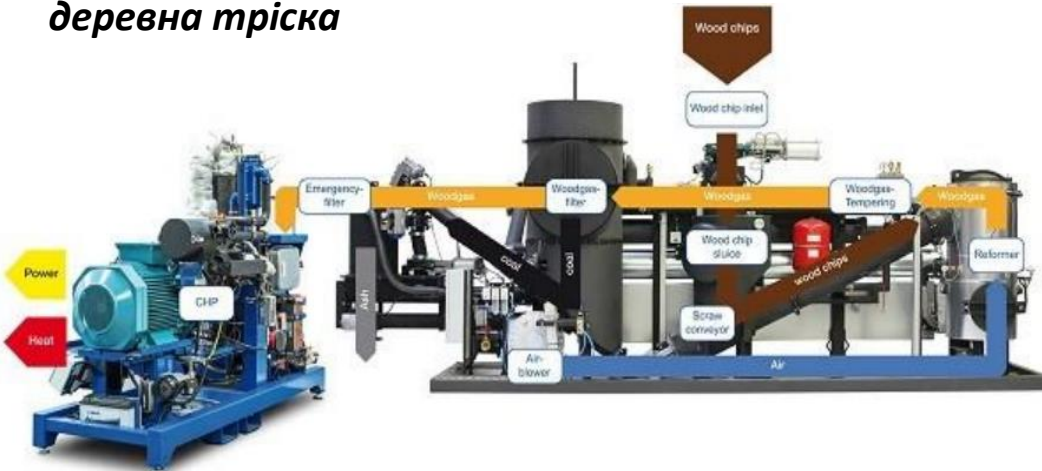
Німеччина: 8,6 МВт(т), 6 МВт(е), сировина-
деревна тріска, деревні пелети



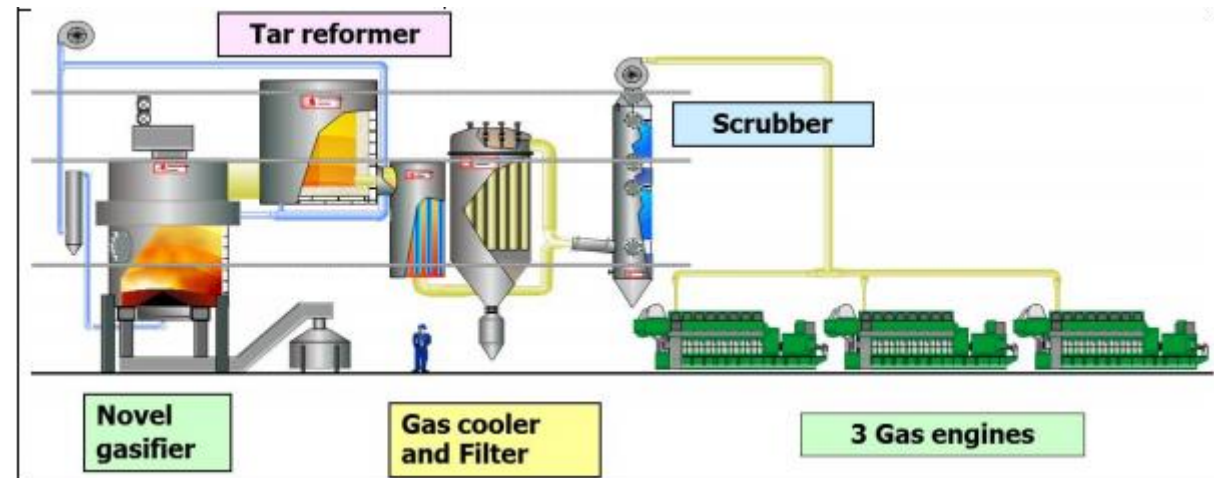
Данія: 5 МВт(т), 0,8 МВт(е), сировина- відходи деревини



Німеччина: 0,5 МВт(т), 0,025 МВт(е), сировина-
деревна тріска



Фінляндія: 7,2 МВт(т), 0 МВт(е), сировина- відходи деревини
різних фракцій



ТЕЦ на біомасі в централізованому теплопостачанні



ТЕЦ Värtaverket в м. Стокгольм, Швеція. Встановлена потужність — 280 МВт(т) та 130 МВт(е)

ТЕЦ на біомасі в централізованому теплопостачанні



ТЕЦ компанії OÜ Utilitas Tallinna Elektri jaam, Таллінн, Естонія.

Встановлена потужність — 21,4 МВт(т) та 67 МВт(е). Паливо- деревна тріска, торф (до 15%).

ТЕЦ в м. Вільнюс, Литва. Загальна електрична потужність 90 МВт (70 МВт на основі біомаси), тепла потужність приблизно 230 МВт (170 МВт на основі біомаси). Остаточний запуск- опалювальний сезон 2023/2024.

Вільнюська ТЕЦ стане однією з найсучасніших теплоелектростанцій у Європі



ТЕЦ на біомасі в централізованому тепlopостачанні



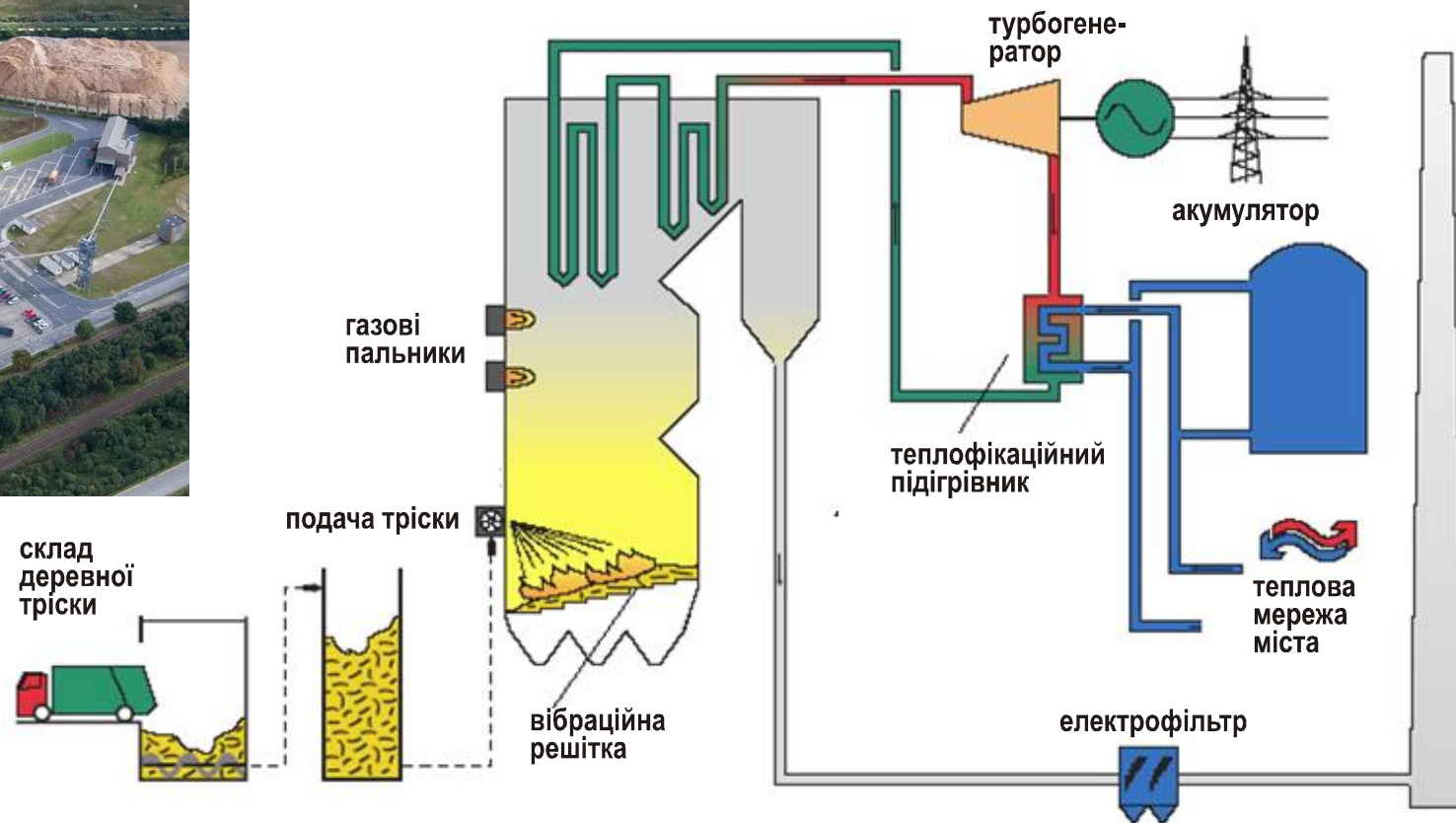
*ТЕЦ Belgian Eco Energy (BEE) в м. Гент, Бельгія.
Встановлена потужність — 110 МВт(т) та 215
МВт(е). Паливо- деревна тріска (імпортована).*



Найбільш відомі теплові електростанції на біомасі в Данії

Станція	Технології	Початок експлуатації	Споживання біомаси, тис. тонн/рік	Примітки
ТЕЦ Haslev	Спалювання соломи на колосниках	1989	26	
ТЕЦ Rudkobing	Спалювання соломи на колосниках	1990	14	
ТЕЦ Slagelse	Спалювання соломи на колосниках	1990	30	
ТЕЦ Grena	Спалювання соломи та вугілля в ЦКШ	1992	40	Виведена з експлуатації
Біокотел Mabjerg	Колосникове спалювання соломи та деревини	1993	65	
ТЕЦ Masnedo	Колосникове спалювання соломи та деревини	1996	45	
Біокотел в Ensted	Колосникове спалювання соломи та деревини	1998	150	Виведена з експлуатації
ТЕЦ Maribo-Sakskobing	Колосникове спалювання соломи та деревини	2000	45	
Біокотел Avedore, блок 2	Колосникове спалювання соломи та деревини	2001	150	
Studstrupvaerket, блок 4	Спільне пилове спалювання соломи з вугіллям	2002	10	Станція в резерві
ТЕЦ Amager, блок 2	Пилове спалювання соломи та деревини	2003	130	Станція в резерві
Studstrupvaerket, блок 3	Спільне пилове спалювання соломи з вугіллям	2005	30	З 2016 також деревні пелети
Блок 9 Fvnsvaerket	Спалювання соломи на колосниках	2009	150	
ТЕЦ Amager, блок 1	Пилове спалювання соломи та деревини	2009	350	Наразі деревні пелети
Affald Varme, Орхус	Спалювання соломи на колосниках	2016	230	

ТЕЦ міста Herning, Данія- від вугілля та газу до деревної тріски, 1984/2003

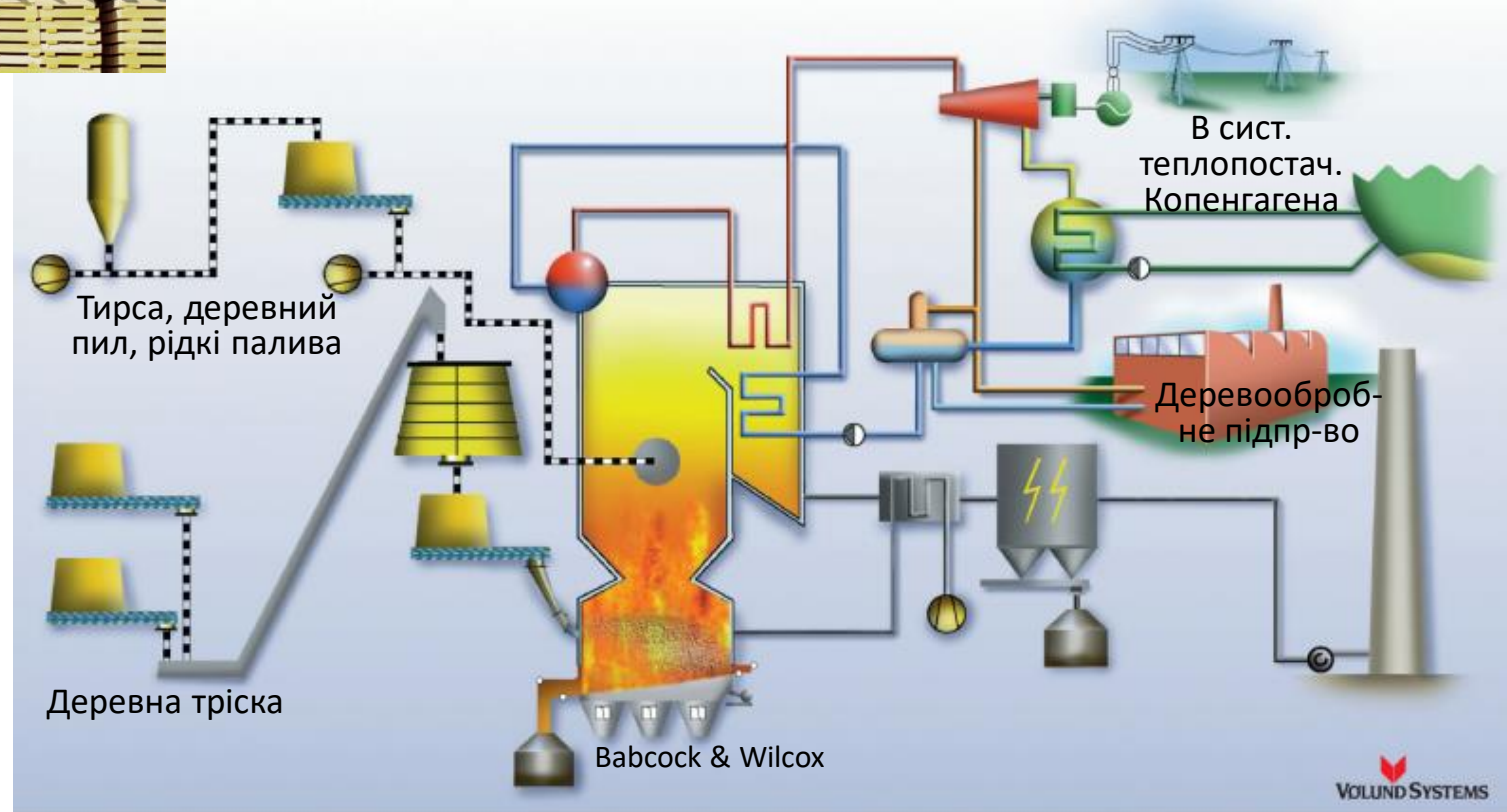


Споживання тріски	250 000 т/рік	Тиск пари	115 бар
Потужність котла	288 МВт	Температура пари	525 °С
Електричний ККД	30%	Продуктивність котла	425 т/год
Електрична потужність	89МВт	Топковий пристрій	Вібраційна решітка
Теплова потужність	174 МВт	Виробник котла	Burmeister & Wain Energi

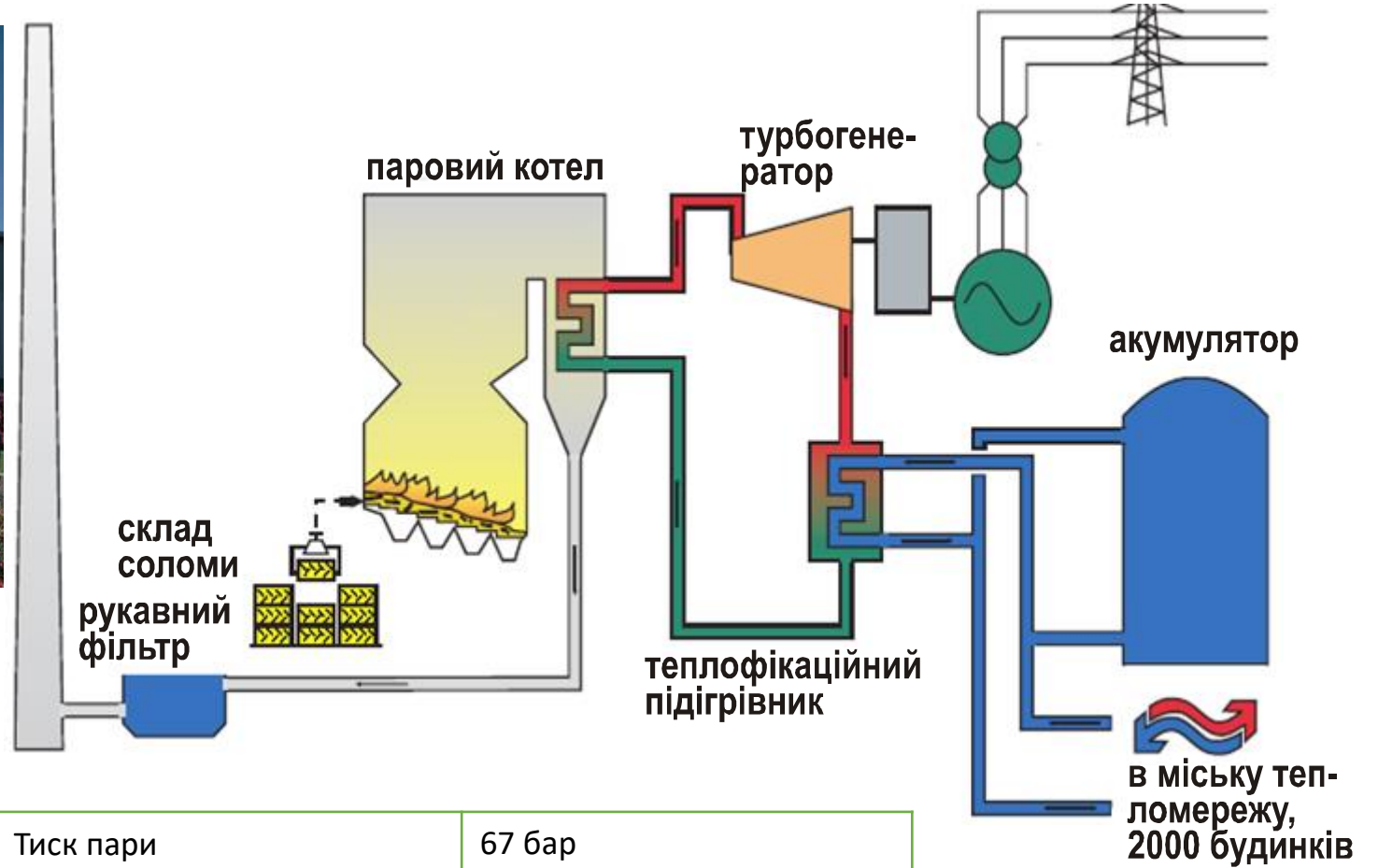
Промислова ТЕЦ Кjøге, Данія



Витрата пари пари	64 т/год
Температура пари	525 °С
Тиск пари	93 бар
ККД котла	90 %
Температура живильної води	140 °С
Витрата палива	17,4 т/год
Потужність турбіни	16,5 МВт

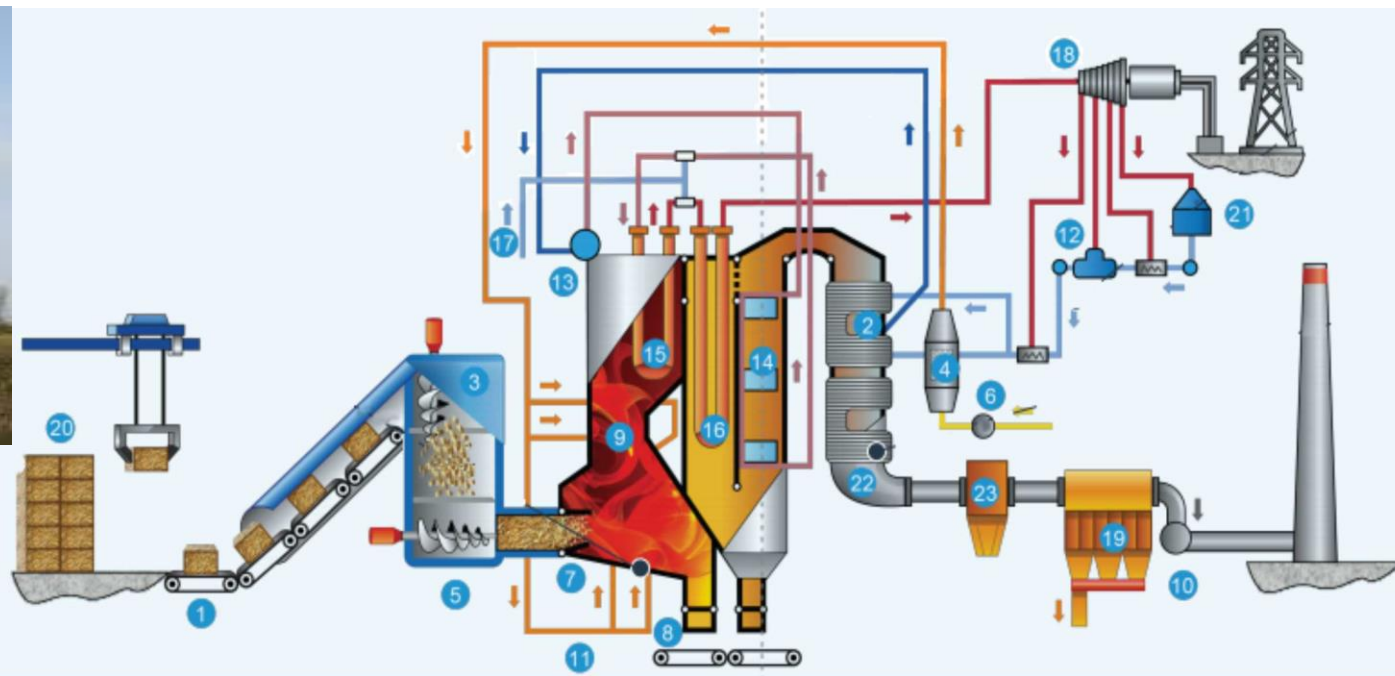


Датська ТЕЦ Haslev зі спалюванням соломи- перша у світі, 1989 р.



Споживання соломи	26000 т/рік	Тиск пари	67 бар
ККД котла	88%	Температура пари	455 °С
Електричний ККД	19%	Продуктивність котла	27 т/год
Електрична потужність	5МВт	Топковий пристрій	Сигарне з віброрешіткою
Теплова потужність	13 МВт	Виробник котла	Ansaldo Volund, Данія

ТЕЦ Maribo-Sakskøbing, Rudkøbing, Данія



Паливо - Пшенична солома

Витрата палива 8,1 т/год

Вихідна потужність 9,7 МВт

Теплова потужність 20 МВт

Витрата пари 43,2

т/год

Тиск пари 92 бар

Температура пари 542 °С

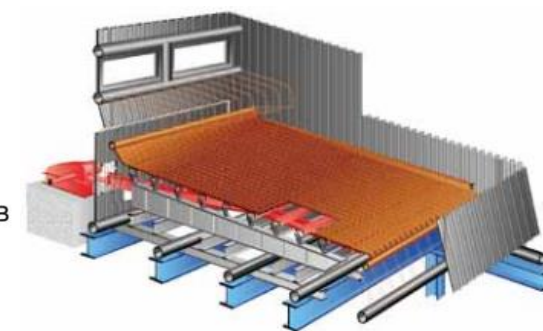
ККД котла 92%

Ефективність ТЕЦ 89%

- 1- Ланцюговий конвеєр
- 2- Економайзер
- 3- Скарифікатор
- 4- Підігрівач повітря
- 5- Стокер
- 6- Вентилятор повітря
- 7- Вібраційна решітка
- 8- Конвеєр шлаку

- 9- Камера згоряння
- 10- Димосос
- 11- Повітря для горіння
- 12- Деаератор
- 13- Паровий барабан
- 14- Пароперегрівач-1
- 15- Пароперегрівач-2
- 16- Пароперегрівач-3

- 17- Вода для пароохолоджувачів
- 18- Паровий турбогенератор
- 19- Мішочний фільтр
- 20- Склад соломи
- 21- Конденсатор
- 22- Охолоджувач димових газів
- 23- Циклон

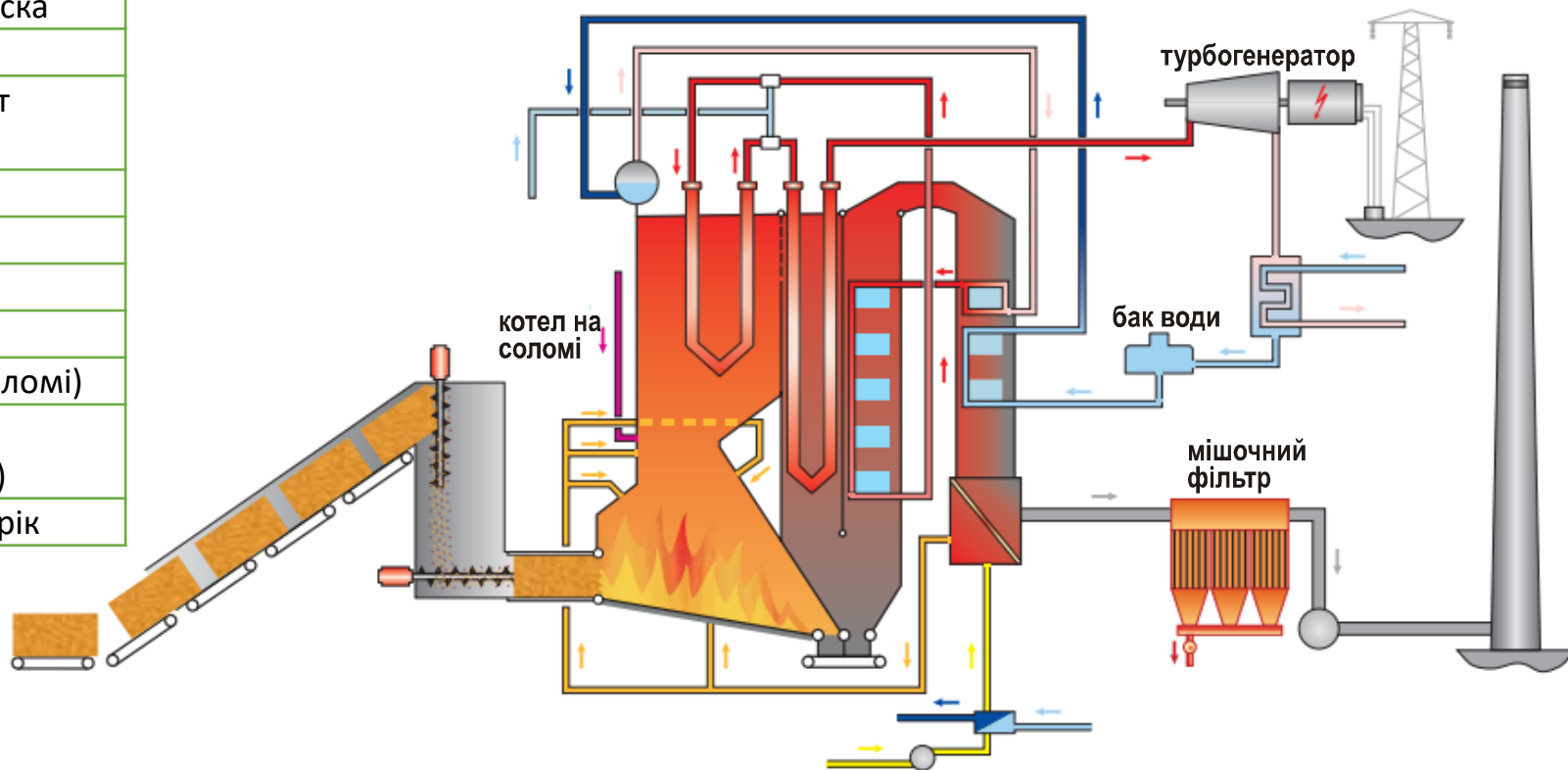


Водоохолоджувана вібраційна решітка

ТЕЦ Fynsvaerket, Оденсе, Данія



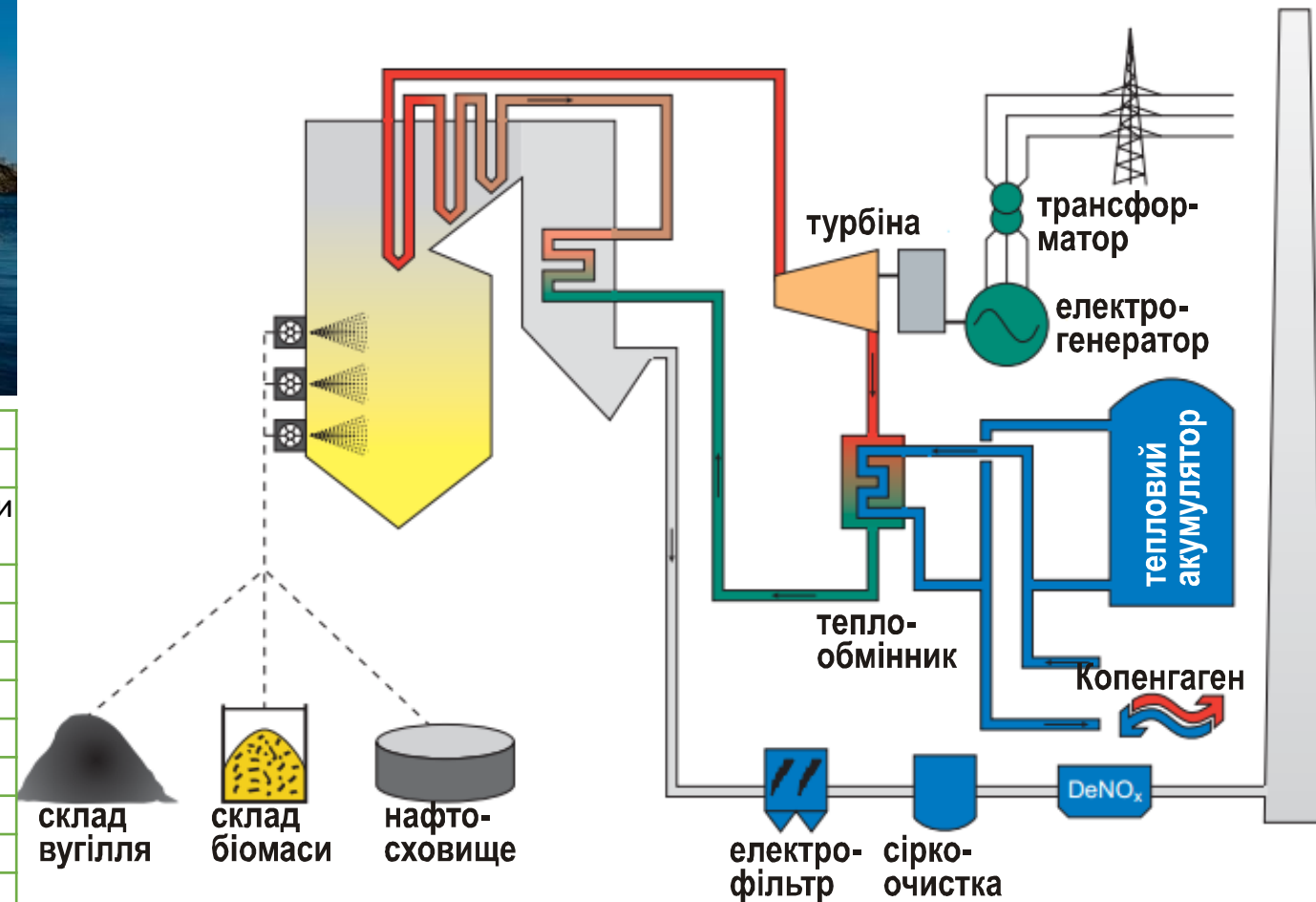
Паливо	Солома та тріска
Споживання соломи	28,4 т/год
Потужність електрична/теплова	35,2/85,0 МВт
Витрата пари	164,2 т/год
Тиск пари	112 бар
Температура пари	540°C
ККД котла	92%
Загальний ККД установки	102,3% (на соломі) 108,3% (на соломі/трісці)
Режим роботи	>8000 годин/рік



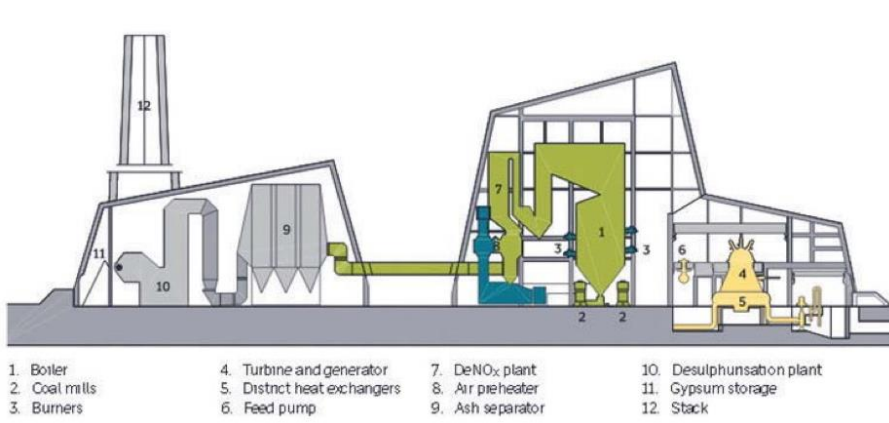
ТЕЦ Amager, Копенгаген, Данія



Дані для підрозділу Amagerværkets 1	
Постачальник котелень	Burmeister og Wain Energy
Палива	Вугілля, нафта, деревні пелети та пелети з соломи
Витрата палива	350 000 тонн/рік
Енергія від спалювання	350 МВт
Тип котла	Benson
Концепція спалювання	Пилове спалювання
Тиск пари	185 бар
Обсяг пари	139 кг/с
Температура пари	562°C
ККД (ел)	23 %
ККД котла	95 %
Очищення димових газів	Установка десульфуризації та установка deNO _x
Потужність електрична	80 МВт
Потужність для ЦТ	250 МВт

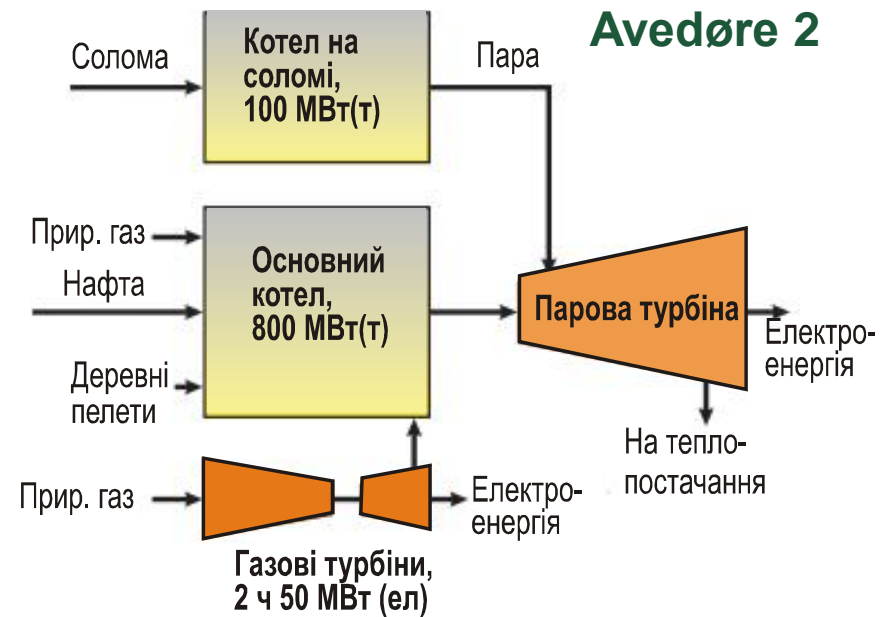


ТЕЦ Avedøre 1, Avedøre 2, Копенгаген, Данія



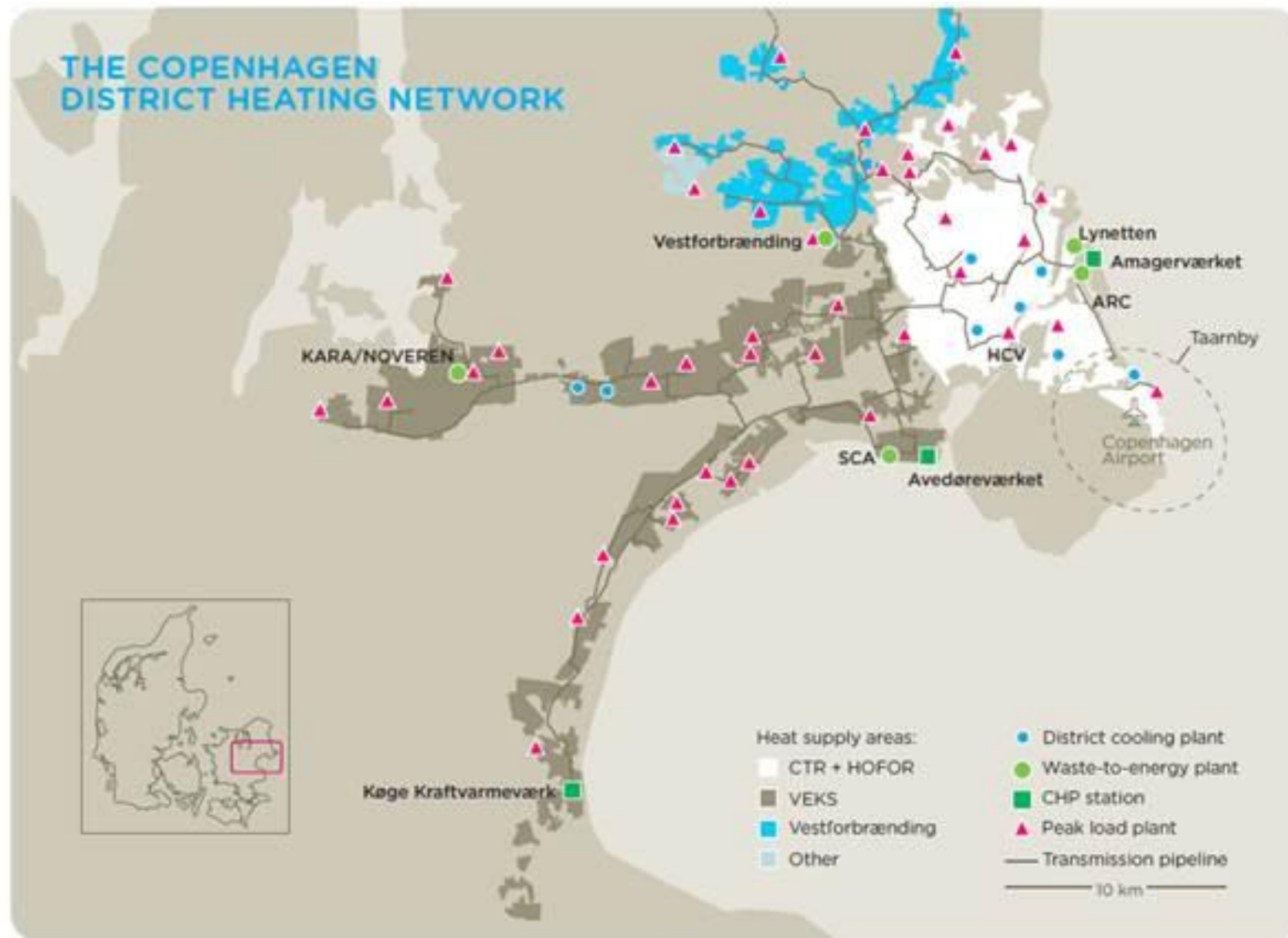
Дані для Avedøreværket (Avedøre 2)

Комерційна експлуатація	3 2001 р.
Постачальник котельень	FLS miljø. BWE, Volund
Види палива	Нафта, нат. газ, деревні пелети, солома зернових
Витрата деревних пелет	300 000 тонн/рік
Витрата соломи	150 000 тонн/рік
Потужність енергії від спалювання	800 МВт
Тип котла	Benson
Концепція спалювання	Вібраційна решітка/пилове спалювання біомаси
Тиск пари (головний котел/солом'яний котел)	305/310 бар
Тиск пари (головний котел/солом'яний котел)	296/40 кг/сек
Температура пари (головний котел/солом'яний котел)	582/545 °C
Ефективність вир-ва електроенергії	49 %
ККД котла	94 %
Очищення димових газів (головний котел/котел на соломі)	DeNO _x -установка, електростатичний фільтр і установка десульфуризації/мішковий фільтр
Виробнича потужність (без газових турбін)	365 МВт (ел) та 475 МВт (тепл)



ТЕЦ на біомасі в централізованому теплопостачанні

Схема ЦТ – Копенгаген, Данія

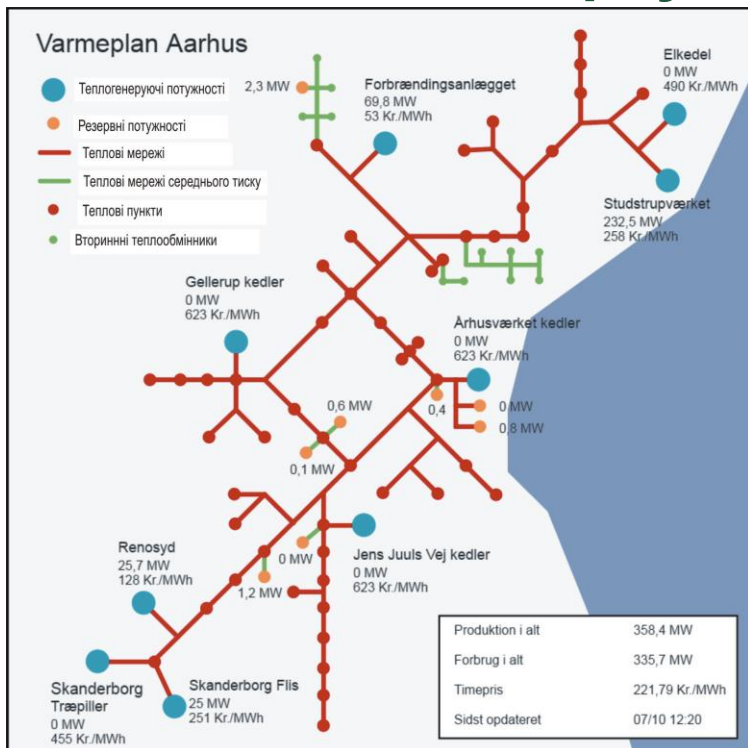


ТЕЦ на біомасі в централізованому теплопостачанні

Схема ЦТ –Копенгаген (південна частина), Данія



ТЕЦ на біомасі- Орхус, Данія



Виробничі дані:

Конденсація димових газів підвищує ККД понад 103 відсотки
Виробництво електроенергії: 37 МВт (річне споживання 62 000 домогосподарств)

Виробництво тепла: 77 МВт (річне споживання 38 000 домогосподарств)

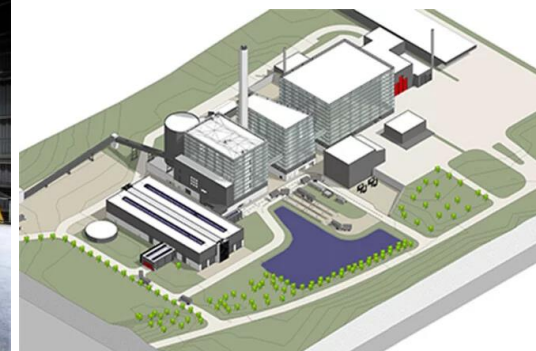
Паливо: 230 000 тонн на рік, якщо використовувати тільки солому
Кожен тюк соломи важить 600-700 кілограмів.

Ємність зберігання: 67 годин або 3000 тюків соломи

Паливо: 66 вантажівок соломи на день

50% палива можна замінити деревною тріскою

Найсучасніша теплоелектростанція на біомасі





Парові котли для реалізації проєктів ТЕЦ та ТЕС на біомасі

Парові котли на енергетичні параметри для спалювання біомаси

Котли з КШ:

Babcock&Wilcox, США

Oninen, Фінляндія

Котли із ЦКШ:

Foster Wheeler, США

Ahlstrom, Фінляндія/США

Babcock&Wilcox, США

Котли з камерним спалюванням:

Енергомашпроект, Україна

Vynske, Бельгія

Котли з вібраційною решіткою:

Babcock&Wilcox, США

Ansaldo Volund, Данія

Burmeister & Wain Energi

FLS Miljo, Данія

Bioner, Фінляндія

Котли з рухомою колосниковою решіткою:

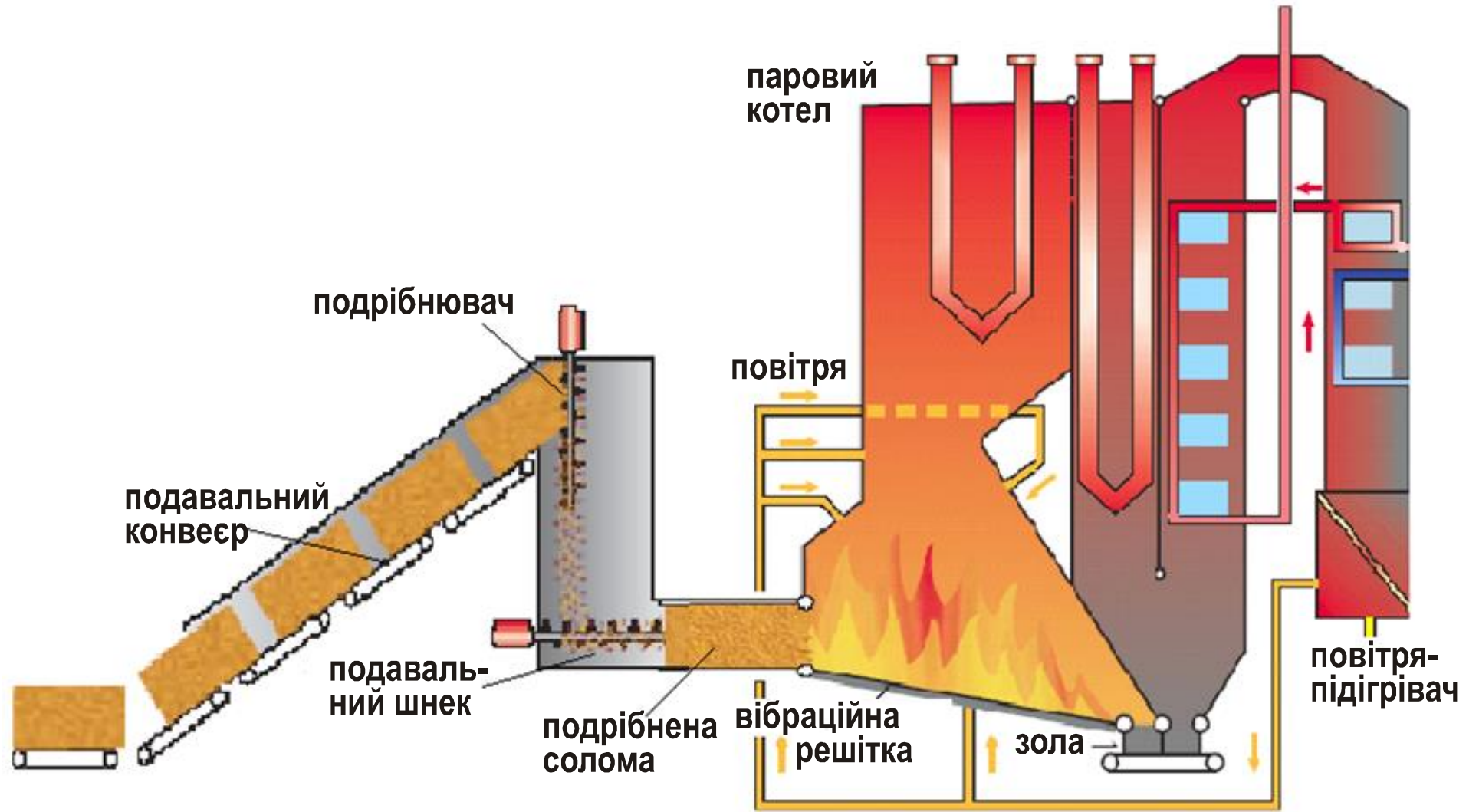
Kara, Нідерланди

Polytechnik, Австрія

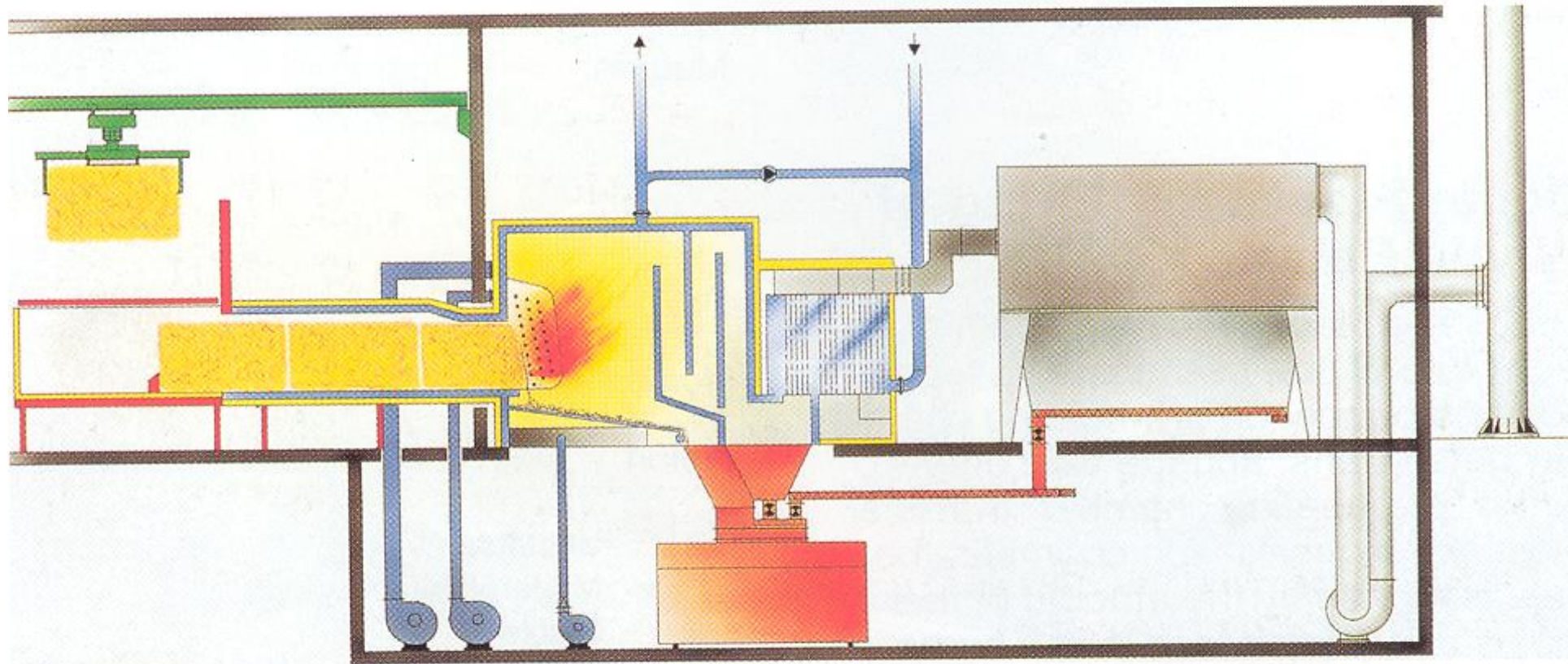
Vynske, Бельгія



Спалювання подрібненої соломи на вібраційній решітці

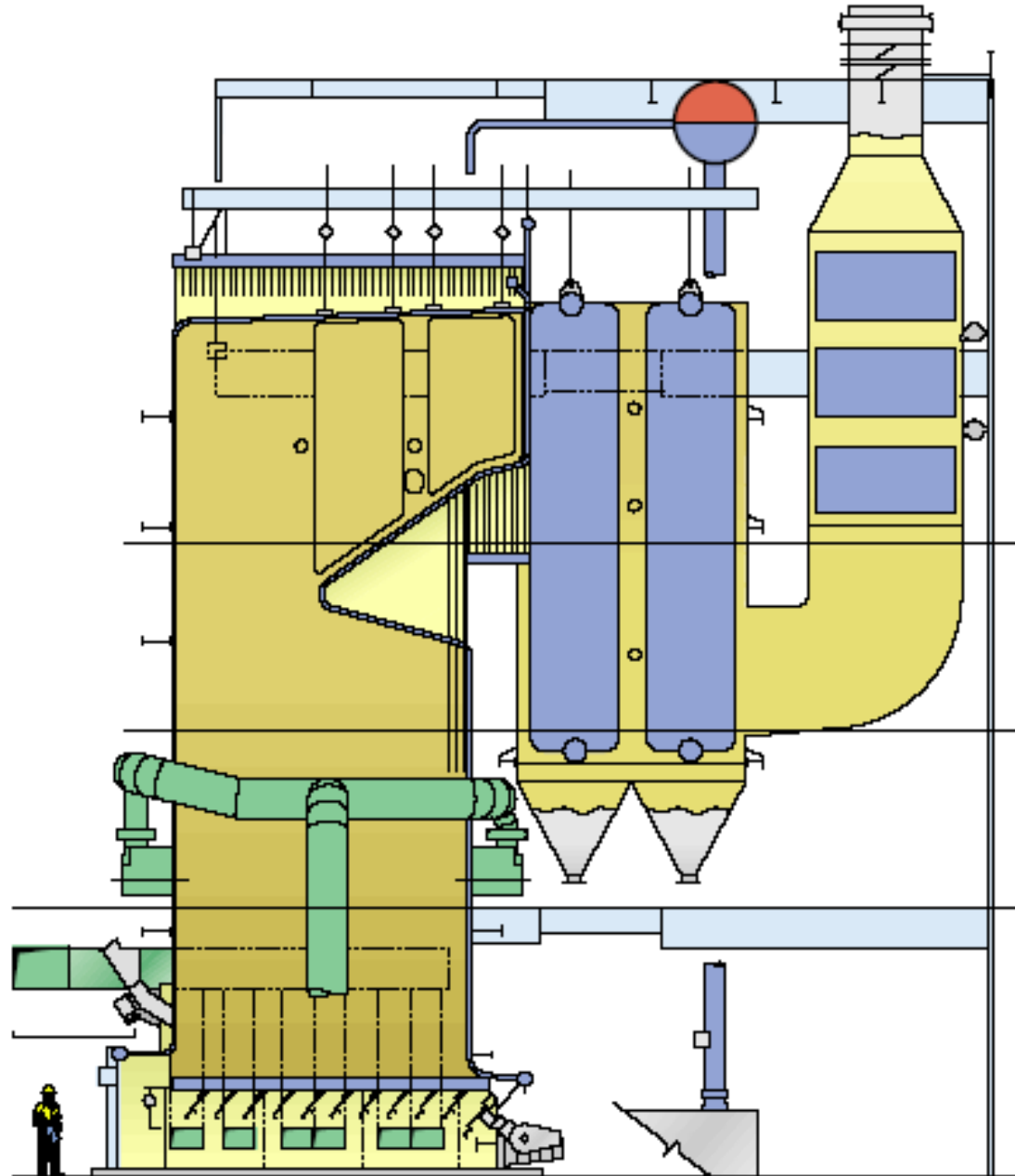


Сигарне спалювання цілих тюків з допалюванням на вібраційній решітці



Парові котли Babcock&Wilcox

-Рухома решітка, вібраційні ґрати
(Середньокалорійні палива-
деревина, солома, вугілля,
RDF-паливо з ТПВ)



Парові котли Вабсокс&Wilcox

Промислові котли:

Д=9...27 т/год, Р=10...69 бар, Т=400 °С

Д = 27 ... 68 т / год, Р = 10 ... 110 бар, Т = 482 °С

Д=68...136 т/год, Р=69...124 бар, Т=538 °С

Енергетичні котли

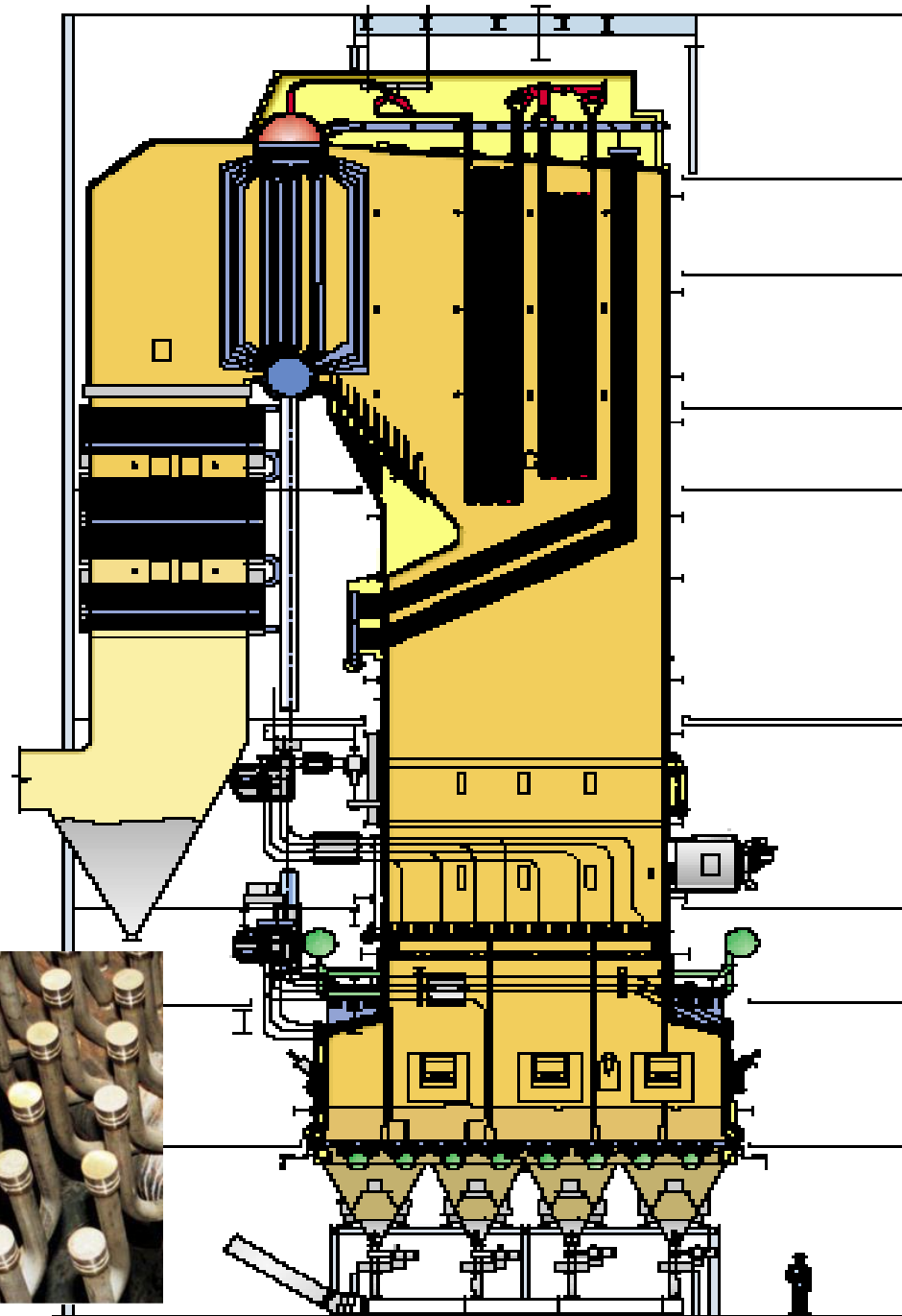
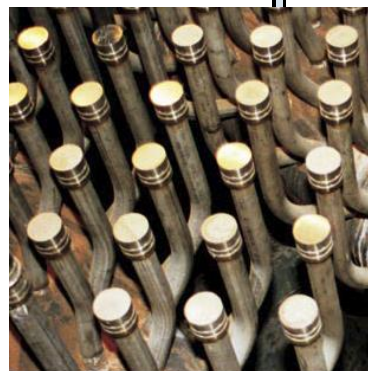
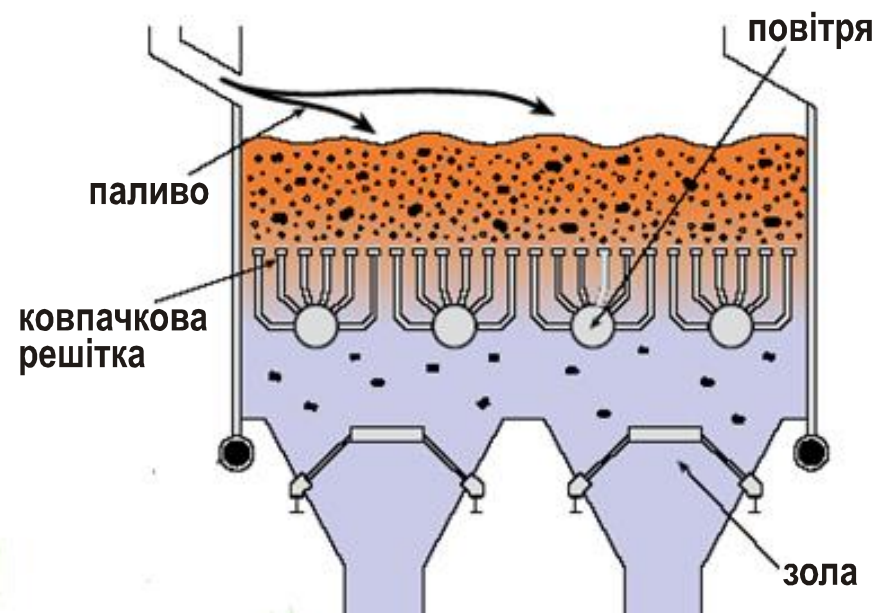
Д = 100 ... 450 т / год, Р = 180 бар, Т = 538 °С

Технології спалювання біопалив:

-бульбашковий киплячий шар

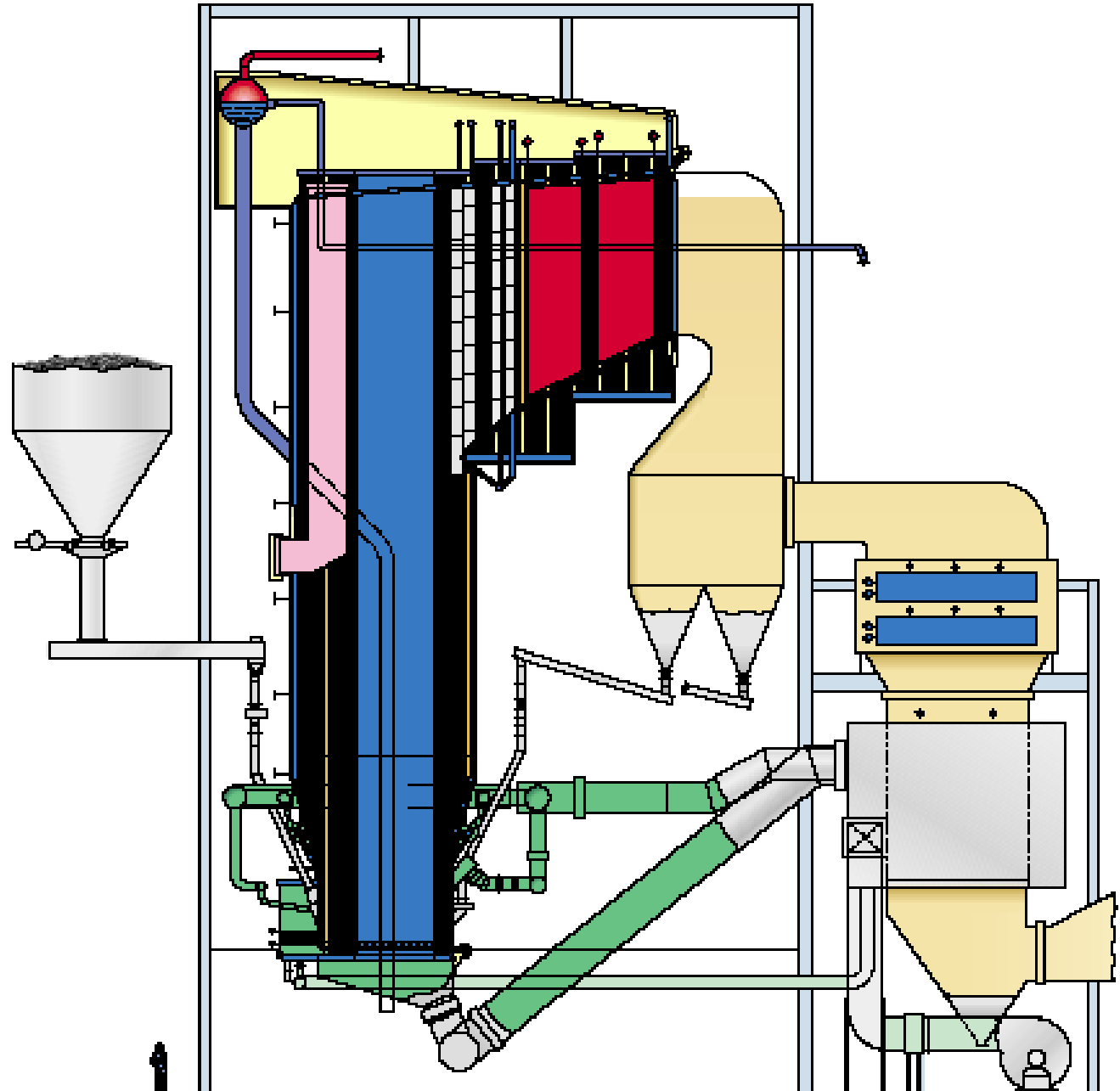
(низькокалорійні палива:

вугілля, торф, волога біомаса та відходи, кора, шлами, мул)



Парові котли Babcock&Wilcox

-киплячий шар
із внутрішньою циркуляцією
(калорійне паливо:
вугілля, кокс, шини, деревина)



Foster-Wheeler ЦКШ котли для промислових ТЕЦ

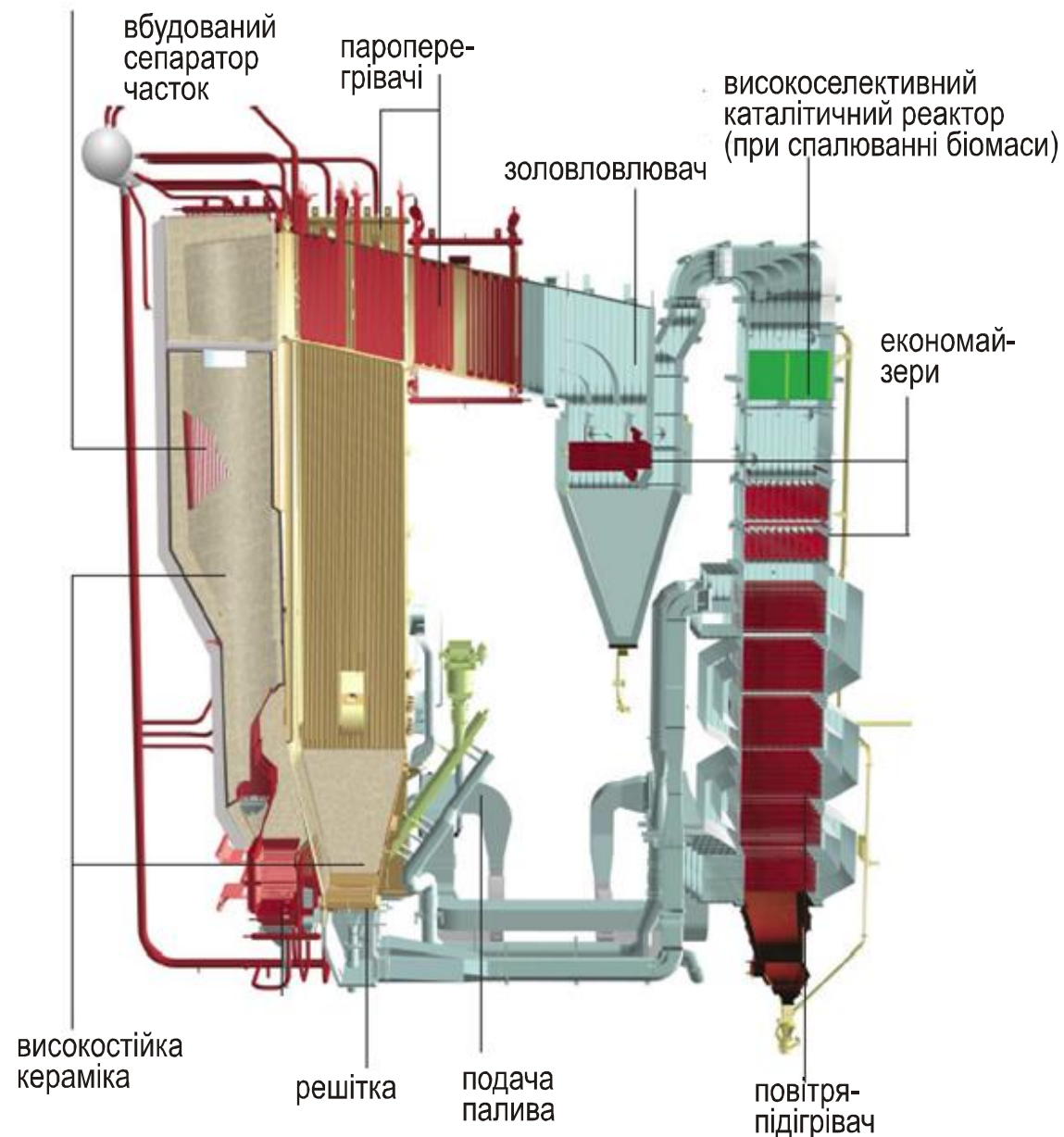
Котли для комплектації установок електричної потужністю від 30 до 150 МВт

У промисловості експлуатується 210 установок

Досвід експлуатації більше 30 років

Палива:
Вугілля, шлами, деревні відходи та кора

США, Швеція, Китай,
Польща, Філіппіни,
Чилі



VYNCKE Промислові комплектні ТЕЦ 1-10 МВт_e та котли (пара, вода, олія) 1-65 МВт для утилізації відходів

- Спалювання гомогенних відходів на рухомій водоохолоджуваній
- ступінчасті колосникові ґрати (DWS):
- Деревина від знесення будівель
- Паливо з ТПВ
- Упаковка та паперові відходи
- Лушпиння кави та рису, шкаралупа горіхів, відходи тютюну та бавовни, багасу, лушпиння соняшника

В Україні на підприємствах: «Каргілл», «Чумак», «Миронівський хлібопродукт», «Уніплит»





European Bank
for Reconstruction and Development



IBBK
BIOGAS

Програма управління знаннями для розвитку сталої біоенергетики

Дякую за увагу!

Володимир Крамар, к.т.н.,
НТЦ «Біомаса»,
Біоенергетична
асоціація України (UABIO)

<https://uabio.org>

<https://www.facebook.com/uabio>

