



IEA Bioenergy
Technology Collaboration Programme

EUDP

Det Energiteknologiske
Udviklings- og
Demonstrationsprogram



Task 32 Biomasseforbrænding

- Modellering af fuldskala CCUS på Skærbækværket
- Effektive biomassekedler med lav emission

Morten Tony Hansen

Ea Energianalyse/IEA Bioenergy Task 32 Biomass Combustion

Bioenergi til hele verden - nyt fra Danmarks repræsentanter i IEA Bioenergy

Ingeniørhuset i København, 22. januar 2025

The IEA Bioenergy Technology Collaboration Programme (TCP) is organised under the auspices of the International Energy Agency (IEA) but is functionally and legally autonomous. Views, findings and publications of the IEA Bioenergy TCP do not necessarily represent the views or policies of the IEA Secretariat or its individual member countries.

Technology Collaboration Programme

by **iea**

Hvad er Task 32?



- Task 32 fokuserer på biomasseforbrænding
 - Design, drift, virkningsgrader og emissioner
 - Fra brændeovne til kraftværker
- Task 32-medlemmer er eksperter fra:
 - Østrig - Canada - Tyskland - Japan - Holland - New Zealand - Norge - (Schweiz) - USA - Danmark (+ måske IT)
- Aktiviteter omfatter
 - Sammensætte og formidle ekspertviden til interesserede i målgruppen
 - Udveksle erfaringer mellem medlemslande og med grupper i/udenfor IEA
- Mere information:
 - [Ea's hjemmeside](#) og [Task 32's hjemmeside](#)
 - Nyhedsbrev på dansk (skriv til mth@eaea.dk)



Task 32's arbejdsprogram

Har baggrund i de udfordringer for biomasseforbrænding, medlemmerne ser:

- Omstilling af industrivirksomheder fra fossile brændsler
- Emissioner (partikler + NOx) - fra mindre anlæg
- Bæredygtighedsdiskussionen
- Integration i energisystemet - særligt med opsamling og brug af kulstof fra røggassen (BECCUS)



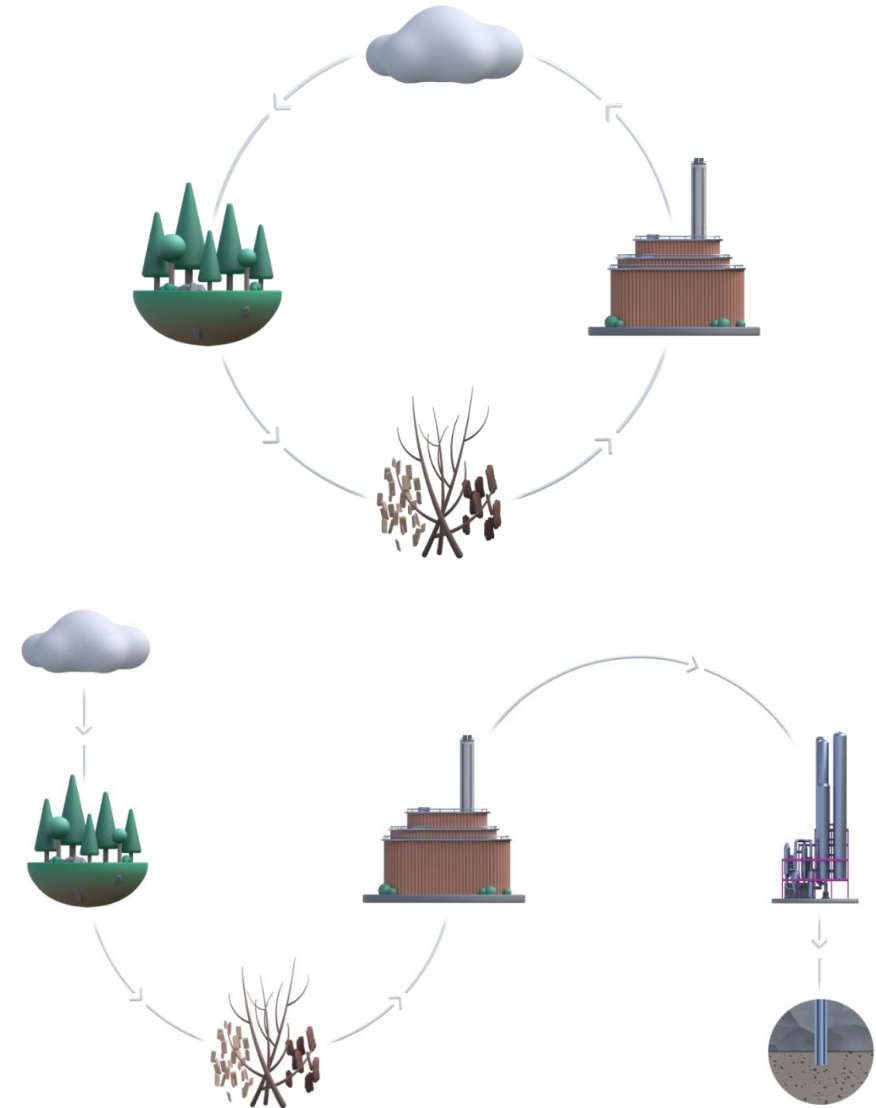
Task 32's arbejdspakker

1. Omstilling til biomasse i industrien
 - Casestudier
 - Database over cases og referencelister
2. BECCUS
 - Modellering af konsekvenser af kulstoffangst på Skærbækværket
 - Mulighederne for CCS på mindre biomasseanlæg
3. Innovativ lav-emissions biomasseforbrænding
 - Rapport over teknologiudviklingen de seneste år
 - Studie af kvælstofbalancer
4. Ovne og kedler til boligopvarmning
 - Fokus på emissioner
 - Design (primære og sekundære midler), testforhold, drift, brugerens indflydelse samt automatisering
 - Nationale strategier for at reducere indflydelsen på luftkvaliteten fra boligopvarmning med træ
 - Faktaark om bæredygtige brændeovne



Modellering af BECCUS på Skærbækværket

- Belyse konsekvenser for driften af et eksisterende kraftvarmeverk ved at installere kulstoffangst med lagring hhv. brug af kulstoffet
- Projekt gennemført af Ea Energianalyse
- Rapport under redigering



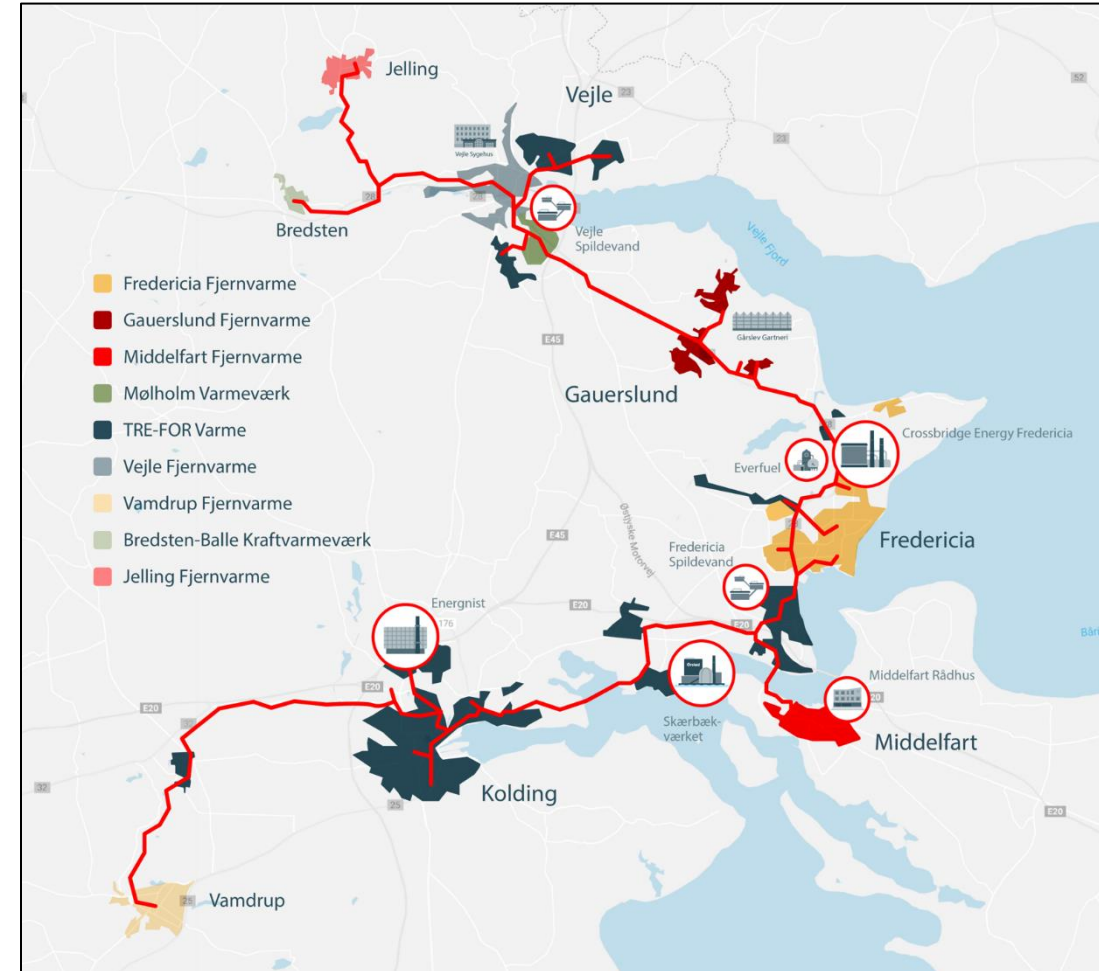
Skærbækværket

- Skærbækværket er beliggende i den vestlige del af Danmark
- Ejes og drives af Ørsted
- Den første produktion blev etableret i 1951 og var baseret på kul
- I dag består anlæggets produktion af:
 - Et naturgaskraftvarmeværk fra 1997 med en elektrisk kapacitet på 392 MW
 - To flisfyrede kedler med røggaskondensering fra 2017, der fremstiller damp til samme turbine som gaskedlen
 - Varmelager - 25.000 m³ vand
- Anlægget bruger ca. 550.000 ton flis om året



TVIS fjernvarmenet

- Fjernvarmenettet er et af de største i Danmark
 - 139 km transmissionsnet
- Det leverer varme til Kolding, Middelfart, Fredericia, Vejle og mindre byer
- De vigtigste produktionsenheder er
 - Skærbækværket - biomasse og naturgas
 - Overskudsvarme fra Crossbridge-raffinaderiet
 - Affaldsforbrændingsanlægget i Kolding (to enheder)
 - Nogle mindre, lokale produktionsenheder
 - Gas- og oliekedler til spids- og reservelast
- Årlig varmeproduktion er 6,6 PJ (2022)
 - 50% biomasse, 25% affald, 25% overskudsvarme



Hvorfor CC(U)S på Skærbækværket?

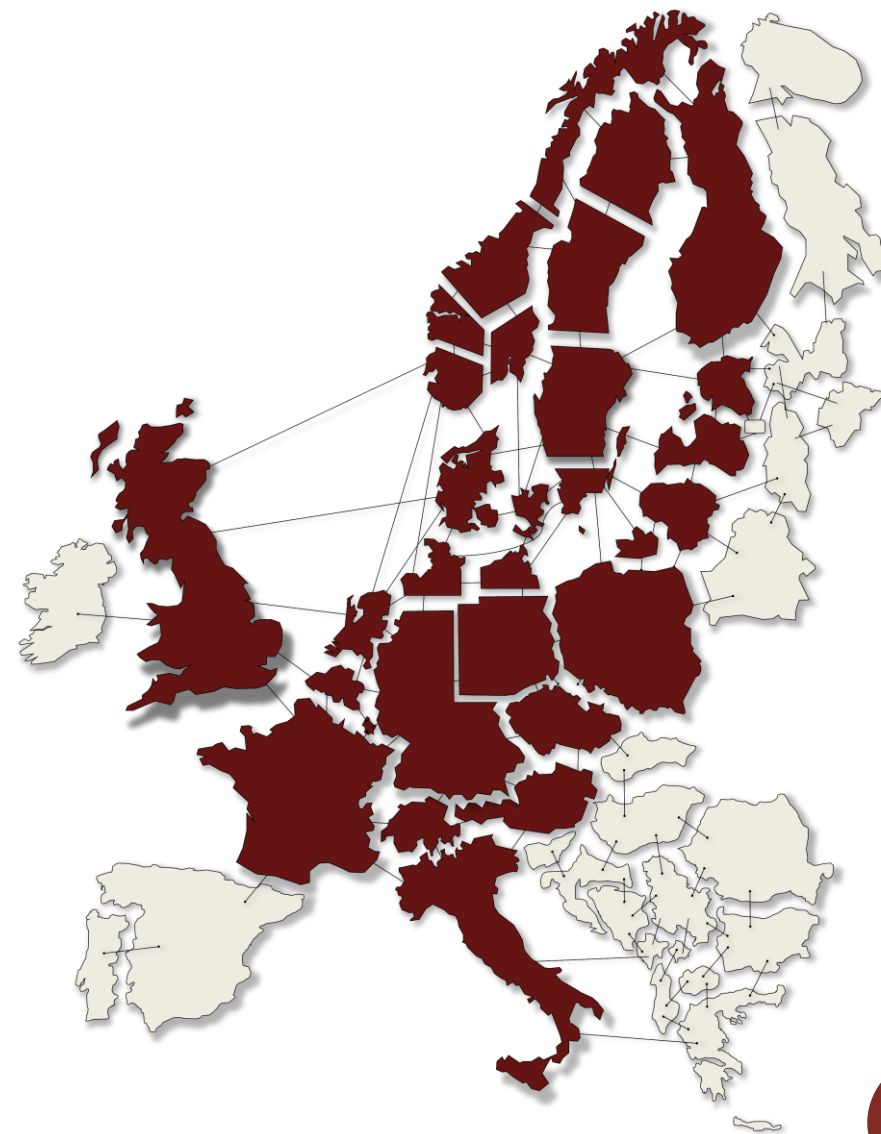
- Kraftvarmeværket leverer grøn CO_2 , der kan bruges til at levere negative emissioner (CCS) eller input til grønt brændstof (CCU)
- Som grundlast i fjernvarmesystemet har biomassekedlen et højt antal driftstimer, der kan forbedre økonomien ved kulstoffangst og -lagring og/eller -forbrug
- Anlægget er tæt på mulige aftagere og infrastruktur: mulig jysk brintrygrad, lokal industri og havnefaciliteter til skibstransport af CO_2 eller grønne brændstoffer
- Der er et stort fjernvarmenet, der kan udnytte overskudsvarme fra anlægget, fra kulstoffangst og fra brændselsproduktion
- Og rammebetingelserne understøtter BECCUS i Danmark
 - Et nyt offentligt udbud indikerer en værdi svarende til 100 EUR/ton CO_2



Illustration fra European Hydrogen Backbone af en mulig brintinfrastruktur

Alt samlet i én energisystemmodel

- Energisystemmodellen Balmorel anvendes
- Det nordeuropæiske elsystem er modelleret for at give elprisen som et vigtigt input til at optimere kraftvarmeværket inkl. CCUS
- Varmeforbrug, produktionsenheder og netværksbegrænsninger i TVIS' fjernvarmesystem er modelleret i detaljer, herunder aftaget af varmeproduktionen fra anlægget
- Detaljer om kraftvarmeværket og CCUS-processen er modelleret i en særlig udvidelse til Balmorel, OptiFlow-modulet, der også giver mulighed for modellering af massebalancer og mere detaljerede energikonverteringsprocesser



Tre scenarier simuleret i 2035

BAU scenariet

- Business as usual scenariet repræsenterer hvordan anlægget ville køre i 2035 uden CCS/CCU

CCS scenarier

- **Fixed** - 4.500 årlige fuldlasttimers drift af fliskedlerne, der ligner en aftale om et fast aftag af CO₂
- **Market** - optimeret fangst og salg af CO₂ med en antaget markedspris på 133 EUR/ton CO₂

CCUS scenariet

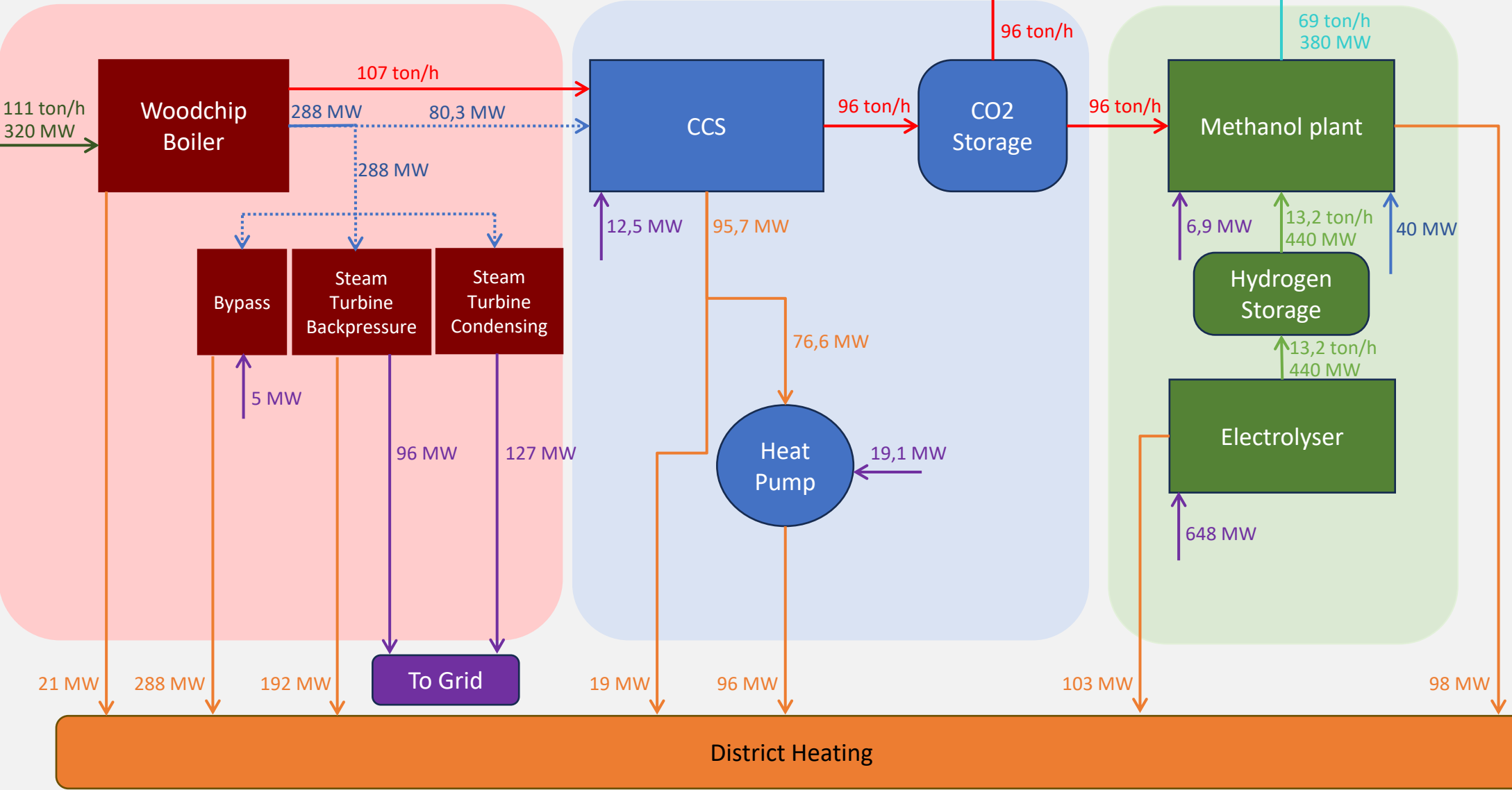
- Antager 4.500 årlige fuldlasttimers drift af et metanolproducerende anlæg med 380 MW brændstofproduktionskapacitet, der ligner en aftale om et fast aftag af metanol
- Der findes endnu ikke noget marked for grøn metanol - derfor intet markedsprisscenarie

Alle scenarier og inputdata valgt af Ea Energianalyse i dialog med TVIS og Ørsted. Alle data er baseret på offentligt tilgængelige kilder.

Skærbæk Plant

CCS Facility

Power-to-Methanol



Legend

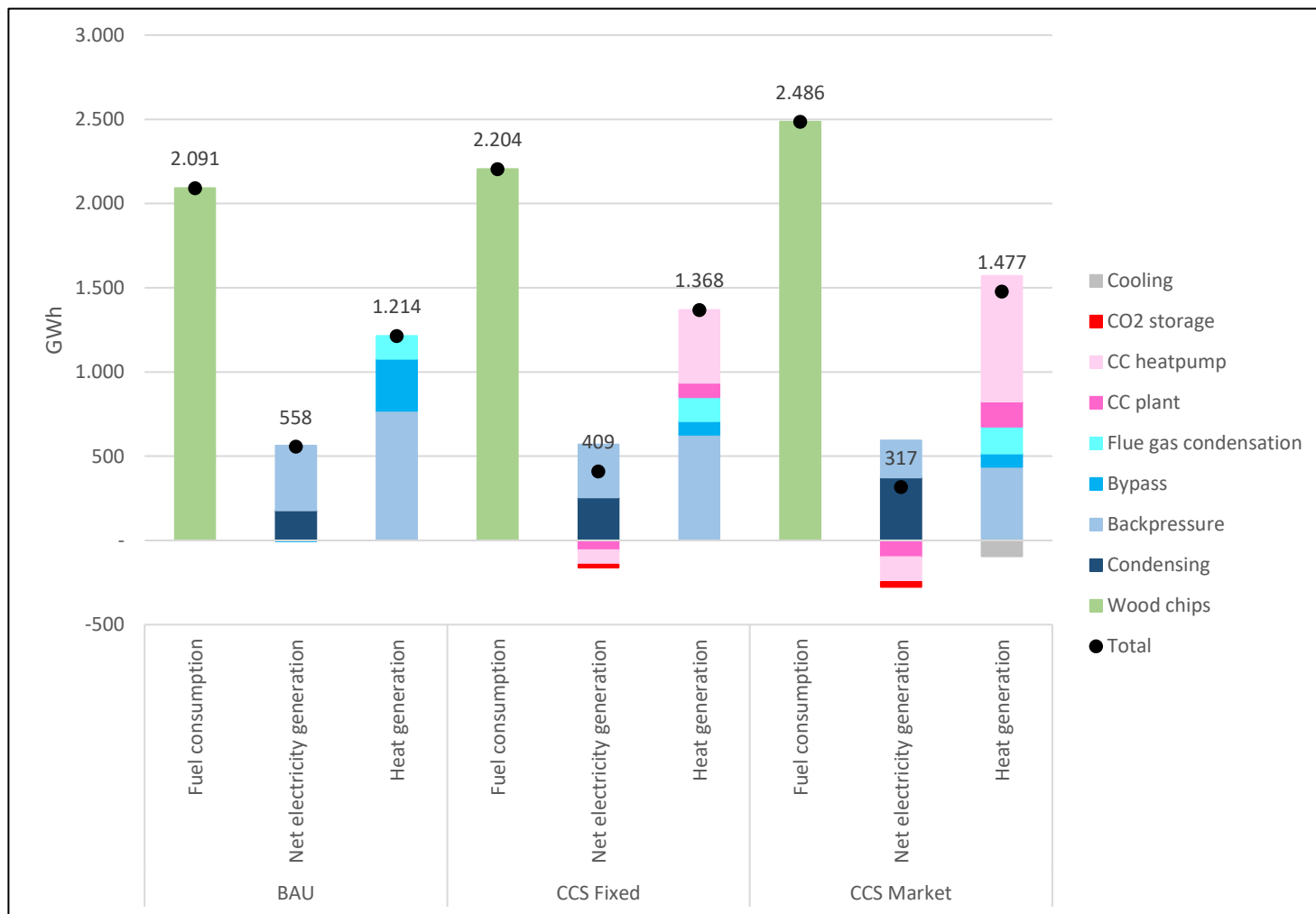
- Woodchips →
- Heat →
- Hydrogen →
- Electricity →
- Steam →
- CO₂ →
- Methanol →

Data for anlæg og teknologier er baseret på offentlige kilder

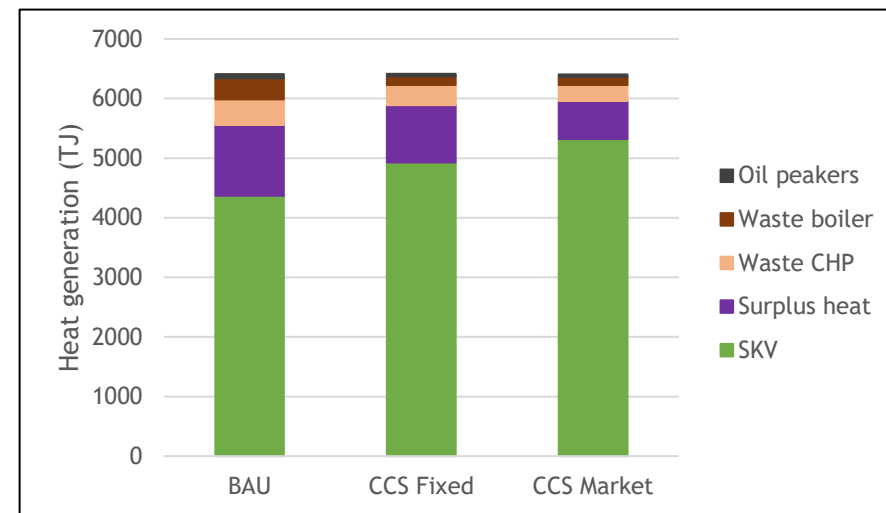
NB: A dashed arrow means the mass flow can have multiple options.



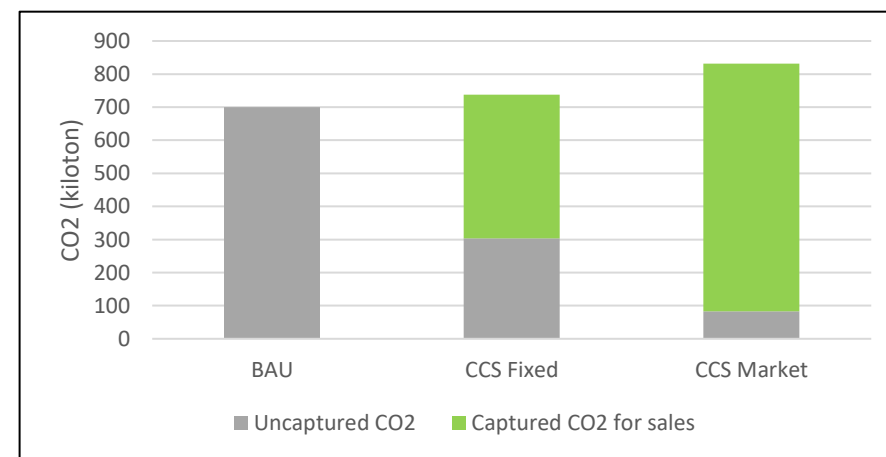
Effekt af CCS på driften af Skærbækværket i 2035



Årligt brændselsforbrug, varme- og elproduktion på anlægget

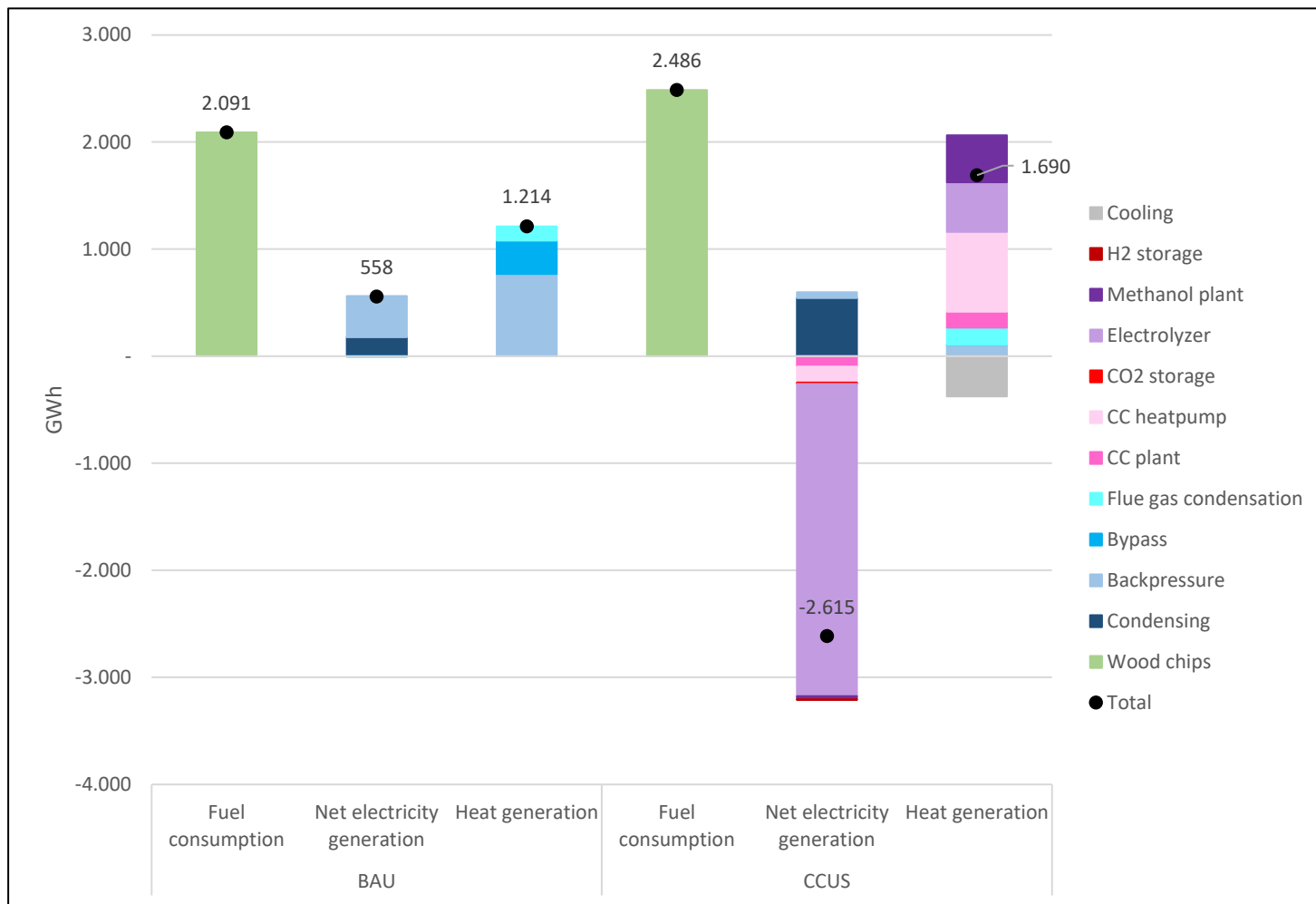


Årlig varmeproduktion i TVIS-systemet

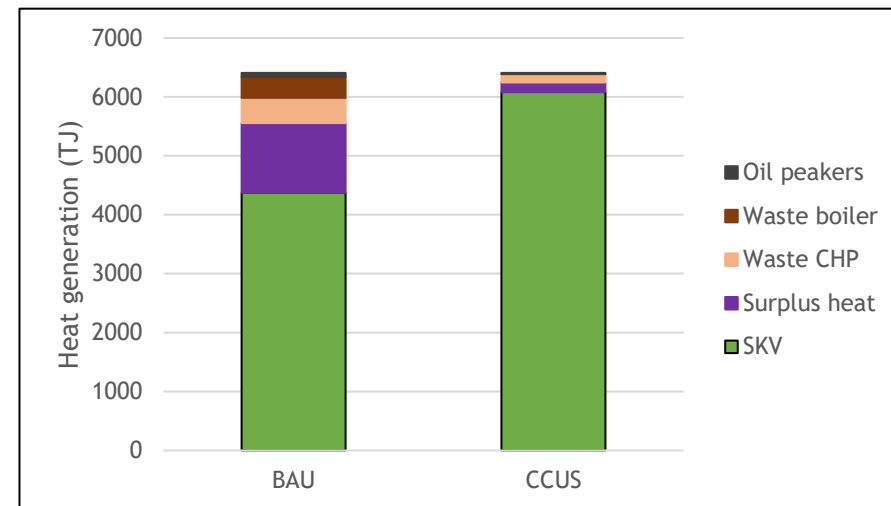


Årlig mængde CO₂ fanget

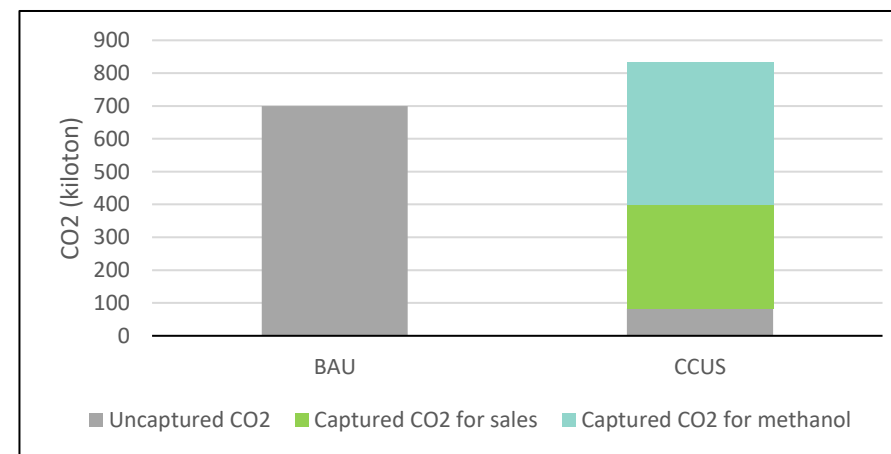
Effekt af CCUS på driften af Skærbækværket i 2035



Årligt brændselsforbrug, varme- og elproduktion på anlægget



Årlig varmeproduktion i TVIS-systemet



Årlig mængde CO₂ fanget

Konklusioner

I BAU-scenariet:

- Driftstiden øges - anlægget bliver mere konkurrencedygtigt og varmeproduktionen stiger fra ca. 3,5 PJ i dag til 4,5 PJ i 2035
- Desuden er anlægget konkurrencedygtigt på elmarkedet, når elpriserne er moderate/høje - produktion af 230 GWh strøm i kondenserende drift

I CCS-scenarierne:

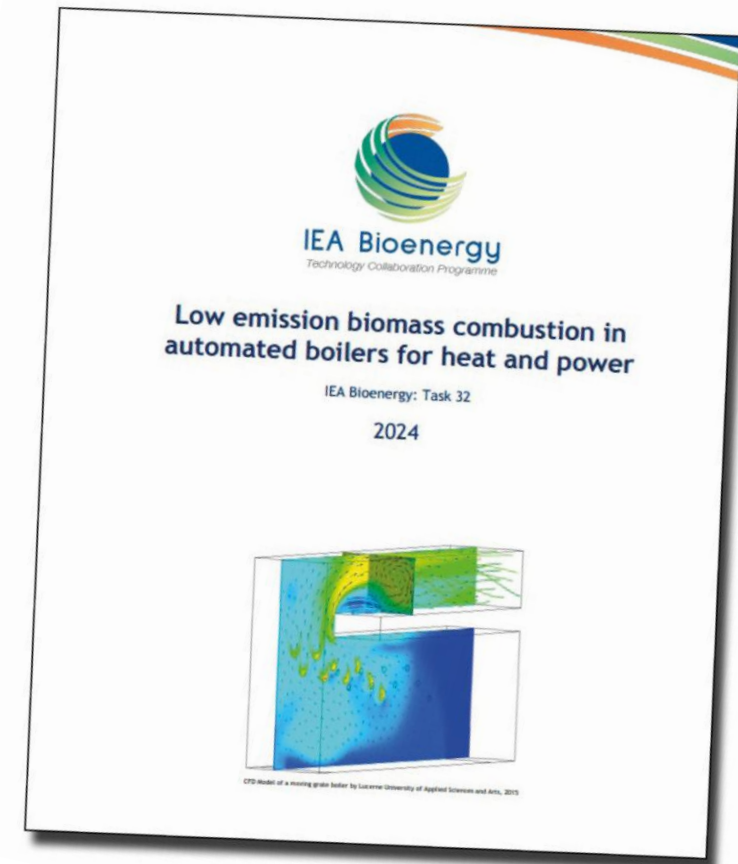
- Driften af anlægget øges yderligere, især i CCS-markedsscenariet
- Fjernvarmeproduktionen øges yderligere - en væsentlig del af varmen leveres som overskudsvarme fra CC-anlægget

I CCUS-scenariet:

- Der ses et markant skift i dynamikken i netto-elproduktionen, der går fra positiv til negativ i gennemsnit i løbet af året
- Fjernvarmeproduktionen øges yderligere - varme fra anlægget kan fuldt ud dække fjernvarmebehovet i TVIS-området (og varme skal til tider køles væk)
- Det meste af varmeproduktionen leveres som overskudsvarme fra CC-anlægget, elektrolyseanlæg og metanolanlægget, mens kraftvarmeværket leverer procesvarme til CCUS-processerne og øger elproduktionen i kondenserende drift.

Lav-emissions biomasseforbrænding i automatisk fyrede kedler til varme og el

- Belyse den seneste udvikling indenfor biomassefyrede kedelanlæg med fokus på design, virkningsgrader, emissioner
- Introduktion til grundlæggende fyringsviden og historien bag forskning og udvikling gennem de seneste 30 år med primære foranstaltninger og kedelkoncepter samt røggasrensning
- Eksempler/cases på innovative udviklinger i de seneste år fra Østrig, Danmark, Holland og Schweiz
- Rapporten er udarbejdet af Thomas Nussbaumer, Verenum AG, Schweiz.



Primære forhold, der reducerer emissioner

Tre T'er afgørende for ordentlig forbrænding

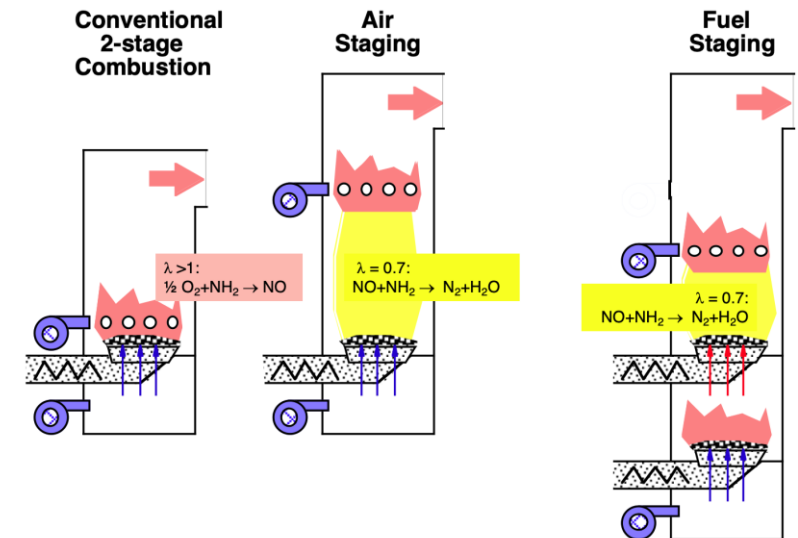
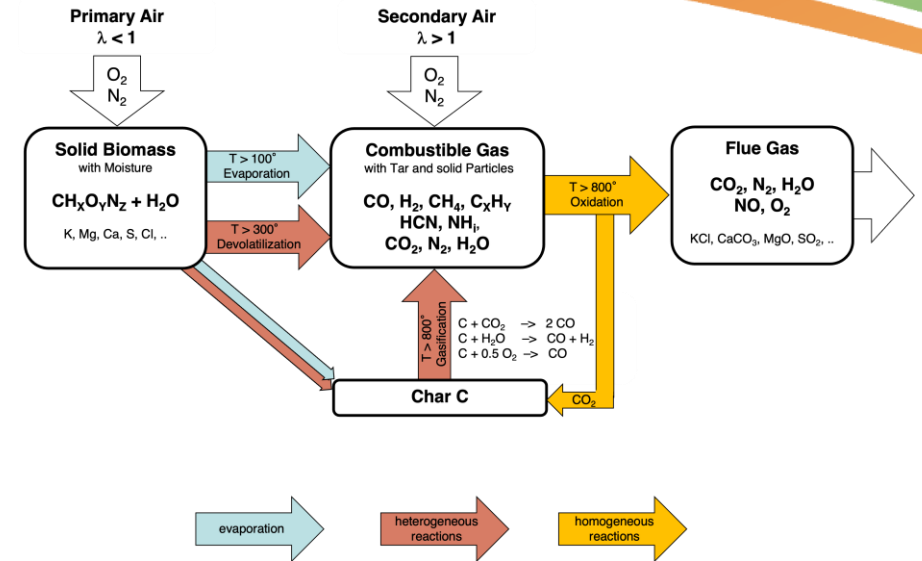
- Turbulens - grundig opblanding af luft og brændselspartikler/gas
- Temperatur - over 850° C
- Tid - opholdstid omkring 1/2 sekund

Trindel forbrænding kan forbedre opblanding

- Først forgasning med primær luft
- Dernæst gasfase-oxidation med sekundær luft

Balancegang for at undgå kvælstofilter (NOx)

- Undgås ofte med trindel lufttilsætning







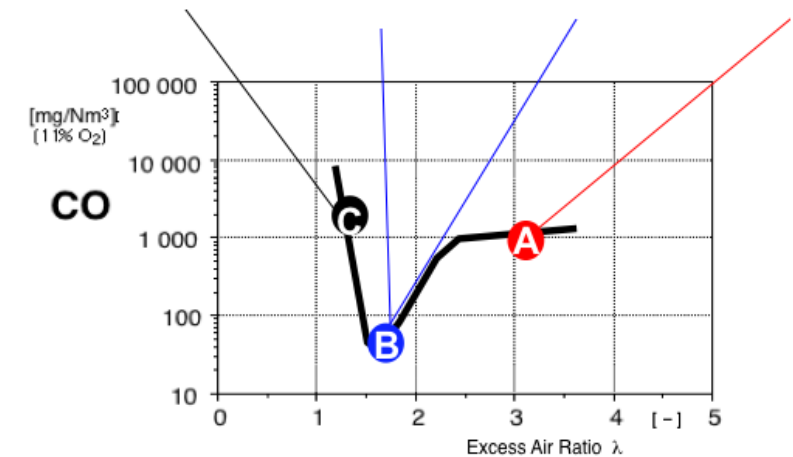
Primære forhold, der reducerer partikelemission

Tre T'er og trinopdelt forbrænding igen

Særligt uorganiske komponenter (salte) danner dog partikler i automatisk fyrede anlæg trods god omsætning

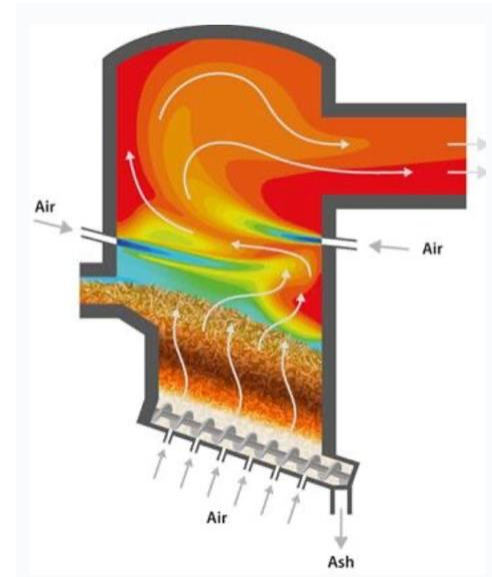
- Lav iltprocent, lav strømningshastighed og lav temperatur i den primære zone
- Tykkere brændselsslag for at bibeholde ydelsen - næsten som forgasser
- Røggasrecirkulering til at støtte opblandingen (turbulensen)

Aerosols from Biomass Combustion	Flaming Combustion			Pyrolysis
	high temperature and lack of O ₂ in the flame	- Mix -	T and O ₂ good	low temperature due to pyrolysis conditions or very high excess air
View				
PM	Soot	Salts + Soot	Salts	COC
Composition	EC / BC chemical / optical C/H > 6...8	↔	CC + Minerals carbonate C + inorg. M	OC = TC-EC-CC C/H < 2
Colour	black	grey	white	brown none
Health effect	toxicity carcinogenity inflammatory	↔	low toxicity low carcinogenity inflammatory	high toxicity high carcinogenity inflammatory



Danske initiativer sætter høj standard

- Udvikling og demonstration
- Implementering
- Meget store anlæg - fx Amagerværkets blok 4
- Mindre fjernvarmeværker - fx som Sorø
- Tilsvarende viden og udvikling ses i Østrig, Holland og Schweiz.



Konklusioner

- Automatiserede biomassekedler muliggør effektiv anvendelse af fast biomasse til varme og el
- Påvirkningen af omgivelserne kan holdes på et meget lavt niveau vha. trinopdelt forbrænding. Det forudsætter brug af et specifikt brændsel samt velkontrolleret drift af fyringsanlægget
- For i øvrigt at begrænse udledning af partikler fra biomasseforbrænding anvendes partikelfiltre i vid udstrækning. I store kedler begrænser yderligere gasrensningssystemer udledningen af andre forurenende stoffer som NO_x og VOC til et meget lavt niveau
- Samlet set: Med de seneste års udvikling og implementering er der ikke længere grundlag for at sige, at biomasseforbrænding påvirker de lokale omgivelser negativt.



Task 32 i 2025-2027

WP1 Sustainable residential heating

- Fokus på markedsovervågning, fortsat teknisk udvikling samt brugeradfærd- og -uddannelse, indsigter samles til politiske anbefalinger

WP2 Hybrid bioenergy heating systems

- Overblik over tekniske muligheder og casestudier

WP3 Decarbonising Industrial Process Heat

- Fokus på en beslutningsmatrix, der kan hjælpe virksomheder med svar på dilemmaer på vejen væk fra fossile løsninger

WP4 Biomass combustion with CCS and biochar production

- Fokus på de BECCS-projekter, der ventes gennemført nu. Desuden kritisk følge udviklingen med produktion af biokul vha. biomassekedler.



Tak!

Morten Tony Hansen

Telefon: 31393992

E-mail: mth@eaea.dk

www.task32.ieabioenergy.com



www.ieabioenergy.com



Morten Tony Hansen
Ea Energianalyse
mth@eaea.dk

Besøg vores hjemmeside
eller find os på LinkedIn

